

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η υλοποίηση ενός συστήματος γνωστικής συμπερασματολογίας, το οποίο θα συνδυάζει την επιχειρηματολογία στην τεχνητή νοημοσύνη, με την επιστήμη της γνωστικής ψυχολογίας. Το σύστημα θα δέχεται conditional προτάσεις, θα τις μεταφράζει σε επιχειρήματα σε ένα σύστημα επιχειρηματολογίας σύμφωνα με τον τρόπο που υποδεικνύουν οι γνωστικοί ψυχολόγοι. Στη συνέχεια, θα είναι ικανό να απαντάει ερωτήσεις πάνω σε συγκεκριμένες προτάσεις, αιτιολογώντας τις απαντήσεις που θα δίνει, μέσω γραφικής και λεκτικής επεξήγησης. Το σύστημα έχει υλοποιηθεί υπό τη μορφή ιστοσελίδας και ως σύστημα επιχειρηματολογίας χρησιμοποιήθηκε το σύστημα επιχειρηματολογίας του Γοργία. Για την αξιολόγηση του συστήματος έγινε διενέργεια ενός πειράματος, στο οποίο δόθηκαν στους συμμετέχοντες τέσσερις μικρές ιστορίες που απαρτιζόνταν από conditional προτάσεις. Οι συμμετέχοντες στο πείραμα κλήθηκαν να δώσουν απαντήσεις σε δέκα ερωτήσεις που αφορούσαν τις ιστορίες. Στη συνέχεια, αφού είδαν την απάντησή του συστήματος, τους δόθηκε η ευκαιρία να αλλάξουν την απάντησή τους. Με τον συνδυασμό της γνωστικής ψυχολογίας και της επιχειρηματολογίας, πετύχαμε να φτιάξουμε ένα σύστημα το οποίο μπορεί να εξάγει συμπεράσματα βασισμένο στη γνώση που του εισάγουμε και μπορεί να αιτιολογεί τα συμπεράσματα του, μέσω λεκτικής και γραφικής επεξήγησης. Συμφώνα και με τα ευρήματα της αξιολόγησης, το σύστημα παίρνει σωστές αποφάσεις, και είναι σε θέση να αιτιολογήσει τις απαντήσεις του, με τρόπο κατανοητό για τους χρήστες. Αρκετές φορές δε, είναι ικανό να πείσει τους χρήστες να αλλάξουν τις απαντήσεις τους, μέσω της επεξήγησης που δίνει για τη δική του απάντηση.

**COGNICA: ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ  
ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ**

Αδάμος Κουμή

Η Διατριβή αυτή

Υποβλήθηκε προς Μερική Εκπλήρωση των

Απαιτήσεων για την Απόκτηση

Τίτλου Σπουδών Master

στην Επιστήμη της Πληροφορικής

στο

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Συστήνεται προς Αποδοχή

από το Τμήμα Πληροφορικής

Ιούνης, 2021

# ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Διατριβή Master

## COGNICA: ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Παρουσιάστηκε από

Αδάμο Κουμή

Ερευνητικός Σύμβουλος Δρ. Αντώνης Κάκας

---

Όνομα Ερευνητικού Συμβούλου

Μέλος Επιτροπής Δρ. Άννα Φιλίππου

---

Όνομα Μέλους Επιτροπής

Μέλος Επιτροπής Δρ. Χριστόδουλου Χρίστος

---

Όνομα Μέλους Επιτροπής

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Ιούνης, 2021

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της Διατριβής Master Καθηγητή κ. Αντόνη Κάκα, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου έδωσε κατά την διάρκεια της μελέτης μου.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη και την κατανόηση που μου έδειξαν κατά την διάρκεια της διεκπεραίωσης της διατριβής μου.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>3</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.2 ΔΟΜΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ HUMAN CONDITIONAL REASONING IN COGNITIVE SCIENCE</b> .....	<b>7</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2.2 HUMAN CONDITIONAL REASONING IN COGNITIVE SCIENCE .....	7
2.3 TEN SETS OF POSSIBILITIES FOR CONDITIONALS <sup>[6]</sup> .....	10
2.3.1 Εισαγωγή.....	10
2.3.2 Tautological interpretation.....	11
2.3.3 Conditional interpretation .....	12
2.3.4 Enabling interpretation.....	14
2.3.5 Disabling interpretation .....	15
2.3.6 Biconditional interpretation .....	16
2.3.7 Strengthened antecedent .....	17
2.3.8 Relevance interpretation .....	19
2.3.9 Tollens interpretation .....	20
2.3.10 Ponens interpretation .....	20
2.3.11 Denial of the antecedent and affirmation of the consequent <sup>[6]</sup> .....	21
2.4 ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΙΑΝΟΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ <sup>[6]</sup> .....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗΝ ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ (COGNITIVE ARGUMENTATION)</b> .....	<b>26</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	26
3.2 ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ARGUMENTATION .....	26
3.3 ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ (COGNITIVE ARGUMENTATION).....	28
3.4 ARGUMENTATION AND EXPLAINABLE AI.....	29
3.5 ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΓΟΡΓΙΑΣ.....	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 CONTROLLED NATURAL LANGUAGE CNL</b> .....	<b>33</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ CNL .....	33
4.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΣ CNL <sup>[9]</sup> .....	35
4.4 ΠΡΟΫΠΑΡΧΟΝΤΑ CNL .....	36
4.4.1 Basic English (Ogden 1930) <sup>[9]</sup> .....	36
4.4.2 Sowa’s syllogisms, σχήματα συλλογισμού του Αριστοτέλη <sup>[9]</sup> .....	37
4.4.3 Attempto Controlled English (ACE) <sup>[9]</sup> .....	38
4.4.4 Computer Processable Language (CPL) <sup>[9] [2]</sup> .....	39
4.5 CNL ΓΙΑ CONDITIONAL PHRASES .....	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΓΟΡΓΙΑ</b> .....	<b>43</b>
5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	43
5.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ CONDITIONAL ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΓΟΡΓΙΑ .....	44
5.2.1 Εισαγωγή.....	44

5.2.2	Είδη κανόνων .....	45
5.3	ΥΠΟΘΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ .....	45
5.4	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ CONDITIONAL ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΓΟΡΓΙΑ .....	46
5.4.1	Υλοποίηση Tautological interpretation.....	46
5.4.2	Υλοποίηση Conditional interpretation.....	48
5.4.3	Υλοποίηση Enabling interpretation .....	50
5.4.4	Υλοποίηση Disabling interpretation .....	52
5.4.5	Υλοποίηση Biconditional interpretation.....	54
5.4.6	Υλοποίηση Strengthened antecedent interpretation.....	56
5.4.7	Υλοποίηση Relevance interpretation .....	57
5.4.8	Υλοποίηση Tollens interpretation.....	58
5.4.9	Υλοποίηση Ponens interpretation .....	59
5.5	ΓΕΓΟΝΟΤΑ (FACTS).....	61
5.6	BACKGROUND KNOWLEDGE .....	61
5.7	ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ..	63
5.7.1	Tautological interpretation.....	64
5.7.2	Conditional interpretation .....	64
5.7.3	Enabling interpretation.....	65
5.7.4	Disabling interpretation .....	67
5.7.5	Biconditional interpretation .....	68
5.7.6	Strengthened antecedent interpretation.....	69
5.7.7	Relevance interpretation και Tollens interpretation.....	70
5.7.8	Ponens interpretation .....	70
5.8	CONTEXTUAL PRIORITIES .....	70
5.9	EXPLANATORY MODE.....	72
5.9.1	Υλοποίηση Explanatory mode για Enabling και Biconditional προτάσεις. .....	74
5.10	CONTROLLED NATURAL LANGUAGE CNL.....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....</b>		<b>79</b>
6.1	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	79
6.2	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	80
6.2.1	Περιγραφή αρχιτεκτονικής .....	81
6.3	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	82
6.4	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ .....	82
6.4.1	Εγγραφή νέου χρήστη.....	82
6.4.2	Είσοδος στο σύστημα .....	83
6.4.3	Αποθήκευση / Ανάκτηση/ Κλείσιμο αρχείων.....	84
6.4.4	Export File .....	85
6.5	ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	86
6.5.1	Λειτουργία εισαγωγής προτάσεων και κοινής γνώσης.....	86
6.5.2	Λειτουργία Prediction.....	88
6.5.3	Παρουσίαση αποτελέσματος .....	89
6.5.4	Γραφική επεξήγηση .....	90
6.5.5	Επεξήγηση κειμένου .....	91
6.6	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ .....	92
6.7	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ.....	93
6.8	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΚΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ.....	95
6.9	ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ PREDICTION MODE .....	97
6.9.1	Παράδειγμα 1 Απάντηση Maybe .....	97

6.9.2 Παράδειγμα 2 Απάντηση Yes .....	99
6.9.3 Παράδειγμα 3 Απάντηση No .....	100
6.10 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ EXPLANATORY MODE.....	102
6.10.1 Παράδειγμα 1 .....	102
6.10.2 Παράδειγμα 2 .....	103
6.10.3 Παράδειγμα 3 .....	103
6.10.4 Παράδειγμα 4 .....	104
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....</b>	<b>105</b>
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	105
7.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	106
7.3 ΕΓΓΡΑΦΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	106
7.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	106
7.5 ΣΤΟΧΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	110
7.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	111
7.6.1 Level of confidence.....	112
7.6.2 Ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ χρηστών και συστήματος	115
7.6.3 Αξιολόγηση των δύο ειδών επεξήγησης.....	117
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ .....</b>	<b>119</b>
8.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ .....	119
8.1.1 Προσθήκη Explanatory mode .....	119
8.1.2 Επέκταση CNL .....	119
8.1.3 Επέκταση πειράματος .....	120
8.2 ΕΠΙΛΟΓΟΣ /ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	120
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>121</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....</b>	<b>123</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ-ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΩΝ</b>	
<b>ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ .....</b>	<b>136</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Table 1 Απαντήσεις χρηστών σε σχέση με τις απαντήσεις του συστήματος πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος.....	114
Table 2 Απαντήσεις χρηστών σε σχέση με τις απαντήσεις του συστήματος αφού δοθεί η απάντηση του συστήματος.....	114
Table 3 Διαφορετικές απαντήσεις από το σύστημα ανά ερώτηση .....	115
Table 4 Η απαντήσεις των χρηστών στις ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση στις απαντήσεις μεταξύ χρηστών και συστήματος .....	116
Table 5 Οι τέσσερις ιστορίες που δόθηκαν στους χρήστες στο πλαίσιο της αξιολόγησης του συστήματος.....	123
Table 6 Οι ερωτήσεις ανά ιστορία που δόθηκαν στους χρήστες στο πλαίσιο της αξιολόγησης του συστήματος.....	124
Table 7 Οι ερωτήσεις συνοδευόμενες με την λεκτική και την γραφική επεξήγηση	126



# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Figure 1 The Interpretations of Conditionals of the Form If A Then C <sup>[6]</sup> .....	23
Figure 2 Εγγραφή νέου χρήστη.....	83
Figure 3 Είσοδος στο σύστημα .....	84
Figure 4 Main Menu .....	85
Figure 5 Μορφή εξαγόμενου αρχείου.....	85
Figure 6 Οθόνη εισαγωγής των προτάσεων.....	87
Figure 7 Οθόνη Prediction .....	88
Figure 8 Οθόνη Παρουσίασης αποτελέσματος.....	89
Figure 9 Γραφική επεξήγηση.....	90
Figure 10 Λεκτική επεξήγηση .....	91
Figure 11 Παράδειγμα Γραφικής Επεξήγησης .....	92
Figure 12 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 1.....	97
Figure 13 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση Maybe .....	98
Figure 14 Γραφική επεξήγηση, απάντηση Maybe.....	98
Figure 15 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 2.....	99
Figure 16 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση Yes.....	99
Figure 17 Γραφική επεξήγηση, απάντηση Yes.....	100
Figure 18 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 3.....	100
Figure 19 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση No .....	101
Figure 20 Γραφική επεξήγηση, απάντηση No .....	101
Figure 21 Explanatory mode Παράδειγμα 1 .....	102
Figure 22 Explanatory mode Παράδειγμα 2 .....	103
Figure 23 Explanatory mode Παράδειγμα 3 .....	103
Figure 24 Explanatory mode Παράδειγμα 4 .....	104
Figure 25 Εγγραφή στο σύστημα αξιολόγησης .....	106
Figure 26 Οθόνη παρουσίασης ιστορίας.....	107
Figure 27 Οθόνη παρουσίασης ερώτησης .....	107
Figure 28 Οθόνη παρουσίασης απάντησης συστήματος .....	108
Figure 29 Οθόνη παρουσίασης γραφικής επεξήγησης .....	108
Figure 30 Οθόνη παρουσίασης λεκτικής επεξήγησης .....	109
Figure 31 Οθόνη αλλαγής της απάντησης μετά που ο χρήστης διάβασε την ιστορία .....	109
Figure 32 Feedback Questions.....	110
Figure 33 Ίδια απάντηση με Cognica πριν δοθεί η απάντηση του Cognica .....	111
Figure 34 Ίδια απάντηση με Cognica αφού δοθεί η απάντηση του Cognica.....	112
Figure 35 Level of confidence πριν δοθεί η απάντηση του Cognica .....	112
Figure 36 Level of confidence αφού δοθεί η απάντηση του Cognica.....	113
Figure 37 Ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ χρηστών και συστήματος .....	115
Figure 38 Ποιο χρήσιμο είδος επεξήγησης.....	117
Figure 39 Ποιο κατανοητό είδος επεξήγησης.....	118
Figure 40 Tautological Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $a \supset c$ και $a \supset \neg c$ .....	136
Figure 41 Λεκτική επεξήγηση .....	136
Figure 42 Γραφική επεξήγηση.....	137
Figure 43 Tautological Ερώτηση 2 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $\neg a \supset c$ και $\neg a \supset \neg c$ .	137

Figure 44	Λεκτική επεξήγηση .....	137
Figure 45	Γραφική επεξήγηση .....	138
Figure 46	Conditional Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $\neg a \supset c$ και $\neg a \supset \neg c$ ....	138
Figure 47	Λεκτική επεξήγηση .....	138
Figure 48	Γραφική επεξήγηση .....	139
Figure 49	Conditional Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $a \supset c$ .....	139
Figure 50	Λεκτική επεξήγηση .....	139
Figure 51	Γραφική επεξήγηση .....	140
Figure 52	Enabling Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $a \supset \neg c$ και $a \supset c$ .....	141
Figure 53	Λεκτική επεξήγηση .....	141
Figure 54	Γραφική επεξήγηση .....	141
Figure 55	Enabling Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset \neg c$ .....	142
Figure 56	Λεκτική επεξήγηση .....	142
Figure 57	Γραφική επεξήγηση .....	142
Figure 58	Disabling Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $a \supset c$ και $a \supset \neg c$ .....	143
Figure 59	Λεκτική επεξήγηση .....	143
Figure 60	Γραφική επεξήγηση .....	143
Figure 61	Disabling Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset c$ .....	144
Figure 62	Λεκτική επεξήγηση .....	144
Figure 63	Γραφική επεξήγηση .....	144
Figure 64	Biconditional Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $a \supset c$ .....	145
Figure 65	Λεκτική επεξήγηση .....	145
Figure 66	Γραφική επεξήγηση .....	145
Figure 67	Biconditional Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset \neg c$ .....	146
Figure 68	Λεκτική επεξήγηση .....	146
Figure 69	Γραφική επεξήγηση .....	146
Figure 70	Strengthened antecedent Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα $a \supset c$ και $a \supset \neg c$ .....	147
Figure 71	Λεκτική επεξήγηση .....	147
Figure 72	Γραφική επεξήγηση .....	147
Figure 73	Relevance Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $a \supset c$ .....	148
Figure 74	Relevance Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset c$ .....	148
Figure 75	Λεκτική επεξήγηση .....	148
Figure 76	Γραφική επεξήγηση .....	148
Figure 77	Tollens Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset \neg c$ .....	149
Figure 78	Tollens Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $\neg a \supset \neg c$ .....	149
Figure 79	Λεκτική επεξήγηση .....	149
Figure 80	Γραφική επεξήγηση .....	149
Figure 81	Ponens Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο $a \supset c$ .....	150
Figure 82	Λεκτική επεξήγηση .....	150
Figure 83	Γραφική επεξήγηση .....	150

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

Στις μέρες μας υπάρχει ραγδαία ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία βασίζονται, σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης(machine learning). Η ραγδαία ανάπτυξη αυτών των συστημάτων, έχει οδηγήσει σε επιβράδυνση της τεχνητής νοημοσύνης που ασχολείται με τη συμπερασματολογία (reasoning). Αυτή είναι και η αιτία που οι γνωστική βοηθοί όπως η Alexa και η Siri, έχουν μία πολύ περιορισμένη ικανότητα στη συμπερασματολογία, η οποία απέχει πάρα πολύ από τον τρόπο με τον οποίον βγάζει συμπεράσματα ο άνθρωπος. Τα τελευταία χρόνια όμως, με την είσοδο στη ζωή μας όλο και περισσότερων τέτοιων συστημάτων, τα οποία επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή, έχει γεννηθεί η ανάγκη, τα συστήματα αυτά να μπορούν να αιτιολογήσουν τις αποφάσεις τους. Κάτι τέτοιο προς το παρόν δεν μπορούν να κάνουν τα συστήματα μηχανικής μάθησης (machine learning), έτσι προκύπτει ανάγκη για στροφή προς τις πιο παραδοσιακές τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, όπως η επιχειρηματολογία, η οποία αποτελεί ένα πολύ καλό εργαλείο για να παρέχουμε αιτιολόγηση για τις αποφάσεις ενός συστήματος. Αυτό ισχύει επειδή τα συστήματα επιχειρηματολογίας, παρουσιάζουν βήμα-βήμα τον τρόπο που έχει παρθεί η απόφαση, κάτι που διευκολύνει πολύ στην παραγωγή επεξηγήσεων. Επιπρόσθετα, η επιχειρηματολογία σύμφωνα και με τους γνωστικούς ψυχολόγους ομοιάζει πάρα πολύ με την αναλυτική συμπερασματολογία του ανθρώπου.

Στην παρούσα εργασία, θα συνδυάσουμε την επιχειρηματολογία στην τεχνητή νοημοσύνη με την επιστήμη της γνωστικής ψυχολογίας, για να δημιουργήσουμε ένα σύστημα γνωστικής συμπερασματολογίας. Απώτερος σκοπός μας είναι η δημιουργία ενός συστήματος το οποίο θα εκτελεί συμπερασματολογία πολύ κοντά, με τον τρόπο που σκέφτεται ο άνθρωπος. Έτσι θα παρέχει επεξήγηση για τις αποφάσεις του, η οποία θα είναι εύκολα κατανοητή.

Το σύστημά μας θα δέχεται ως είσοδο conditional προτάσεις του τύπου: If A then C, τις οποίες θα μεταφράζει σε σχήματα επιχειρηματολογίας με την χρήση διανοητικών μοντέλων για τις conditional προτάσεις, τα οποία προέρχονται από τον τομέα της γνωστικής ψυχολογίας.

Με τον όρο διανοητικό μοντέλο στη γνωστική ψυχολογία, εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο χειρίζεται ο άνθρωπος τις γνώσεις που έχει, για μία συγκεκριμένη κατάσταση, όταν θέλει να βγάλει κάποιο συμπέρασμα για αυτήν την κατάσταση.

Το σύστημα θα έχει την δυνατότητα να βγάξει συμπεράσματα χρησιμοποιώντας επιχειρηματολογία βασιζόμενο πάνω στις προτάσεις που έχει δεχτεί ως είσοδο. Το σύστημα θα είναι σε θέση να αιτιολογήσει το αποτέλεσμα του, με επεξήγηση τόσο στη φυσική γλώσσα όσο και με γραφική αναπαράσταση.

Για την αξιολόγηση του συστήματος έγινε διενέργεια ενός πειράματος, στο οποίο συμμετείχαν σαράντα άτομα. Στο πείραμα δόθηκαν στους συμμετέχοντες τέσσερις μικρές ιστορίες. Οι ιστορίες είχαν διαφορετικό θέμα η καθεμία.

Οι ιστορίες αποτελούνταν από conditional προτάσεις. Οι χρήστες κλήθηκαν να δώσουν απαντήσεις σε δέκα ερωτήσεις που αφορούσαν τις ιστορίες. Στη συνέχεια, τους δόθηκε η απάντηση και η αιτιολόγηση της απάντησης που παρέχει το σύστημα και κλήθηκαν να απαντήσουν κατά πόσο η απάντηση και η αιτιολόγηση της απάντησης που έδωσε το σύστημά τους άλλαξε γνώμη.

Η αξιολόγηση δεν έγινε τόσο για να ελεγχτεί η ορθότητα των συμπερασμάτων του συστήματος, όσο για να ελέγξουμε πόσο φυσική είναι η επεξήγηση που δίνεται από το σύστημα για να αιτιολογήσει μία απόφαση και κατά πόσον αυτή η επεξήγηση μπορεί να αλλάξει τη γνώμη των συμμετεχόντων.

## **1.2 Δομή μεταπτυχιακής διατριβής**

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μία εισαγωγή στο θέμα. Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει μία ανασκόπηση στην ανθρώπινη συμπερασματολογία και ειδικότερα στη συμπερασματολογία που αφορά τις conditional προτάσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο, θα κάνουμε μία ανασκόπηση στην γνωστική επιχειρηματολογία και γενικότερα στην επιχειρηματολογία. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει ανασκόπηση στις Controlled Natural Language CNL, αναφέροντας με ποιο τρόπο θα τις χρησιμοποιήσουμε στο σύστημα.

Ακολούθως, στο πέμπτο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τον τρόπο με τον οποίο θα υλοποιήσουμε το σύστημα χρησιμοποιώντας το σύστημα επιχειρηματολογίας του Γοργία.

Στο έκτο κεφάλαιο θα περιγράψουμε την ιστοσελίδα και τις λειτουργίες του συστήματος. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει περιγραφή του πειράματος που κάναμε, για να αξιολογήσουμε το σύστημα. Ακολούθως, θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα του πειράματος.

Εν κατακλείδι, στο όγδοο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη, και υλοποίηση του συστήματος και την διεξαγωγή του πειράματος.

# Κεφάλαιο 2

## Ανασκόπηση Human Conditional Reasoning in Cognitive Science

### 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τους μηχανισμούς τους οποίους, έχει αναπτύξει ο άνθρωπος σύμφωνα με τους γνωστικούς ψυχολόγους, για να σκέφτεται και να λαμβάνει αποφάσεις. Αρχικά, θα αναφερθούμε στη διαδικασία, την οποία εκτελεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος, για να καταλήξει σε κάποιο συμπέρασμα. Θα αναφερθούμε στην διαδικασία που γίνεται αυτόματα στον εγκέφαλο του ανθρώπου για να αποφανθεί, αν κάτι ισχύει. Ακολούθως, θα μιλήσουμε για τις Conditional προτάσεις και για τον τρόπο που τις χειρίζεται ο άνθρωπος, όταν σκέφτεται στην καθημερινότητά του.

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε περιληπτικά, στο πώς θα αξιοποιήσουμε τη γνώση που έχουμε πάρει από τους γνωστικούς ψυχολόγους, για να δημιουργήσουμε το δικό μας σύστημα.

### 2.2 Human Conditional Reasoning in Cognitive Science

Ο τρόπος με τον οποίο ο άνθρωπος σκέφτεται και παράγει συμπεράσματα για συγκεκριμένες καταστάσεις, που αντιμετωπίζει στην καθημερινότητά του, διαφέρει

πάρα πολύ από τον τρόπο με το οποίο εξάγουν λογικά συμπεράσματα τα υπάρχοντα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Ο άνθρωπος, σύμφωνα με τους γνωστικούς ψυχολόγους, έχει ένα αυτόματο σύστημα μέσω του οποίου σκέφτεται, για να λάβει αποφάσεις και να βγάλει συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, όταν ο άνθρωπος βρεθεί σε μία κατάσταση και πρέπει να εξάγει κάποιο συμπέρασμα, ή να λάβει κάποια απόφαση, λαμβάνει υπόψη τα δεδομένα που έχει εκείνη τη στιγμή, σε συνδυασμό με την κοινή γνώση (Background knowledge) που έχει για τη συγκεκριμένη κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Ακολούθως, προσομοιώνει στον εγκέφαλο του πραγματικές, υποθετικές ή φανταστικές καταστάσεις, δημιουργώντας διάφορα διανοητικά μοντέλα (mental models), τα οποία αναπαριστούν την πιθανότητα να ισχύει κάτι ή να μην ισχύει, στο φανταστικό σενάριο το οποίο έχει φτιάξει στον εγκέφαλο του. Το τελικό του συμπέρασμα, το αποφασίζει λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα διανοητικά μοντέλα (mental models), τα οποία έχει δημιουργήσει στον εγκέφαλο του. Ουσιαστικά, τα διανοητικά μοντέλα (mental models) είναι τα διάφορα πιθανά σενάρια που μπορούν να συμβούν με βάση τα δεδομένα που έχει υπόψη του ο άνθρωπος, για τη συγκεκριμένη κατάσταση, για την οποία καλείται να λάβει μια απόφαση.

### **Παράδειγμα Διανοητικού μοντέλου (mental models)<sup>[7]</sup>:**

Από την πρόταση "The battery is dead or the circuit is not connected or both."

Δημιουργούνται τα ακόλουθα 3 διανοητικά μοντέλα:

1. dead            connected
2. dead            not(connection)
3. not(dead) not(connection)

Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε το σενάριο όπου η μπαταρία έχει αχρηστευθεί ('The battery is dead') αλλά τα καλώδια είναι συνδεδεμένα.



Η δεύτερη περίπτωση, είναι το σενάριο όπου ισχύουν και τα δύο, δηλαδή η μπαταρία έχει αχρηστευθεί και τα καλώδια δεν είναι συνδεδεμένα.

Το τρίτο σενάριο, είναι η πιθανότητα κατά την οποία, τα καλώδια δεν είναι συνδεδεμένα αλλά η μπαταρία δεν έχει αχρηστευθεί.

Το μοναδικό διανοητικό μοντέλο, το οποίο δεν κάνουμε για τη συγκεκριμένη πρόταση είναι το ακόλουθο:

not(dead) connected

Το συγκεκριμένο σενάριο λέει, ότι η μπαταρία δεν είναι αχρηστευμένη και τα καλώδια είναι συνδεδεμένα.

Αυτό το σενάριο δεν το παράγουμε, καθώς γνωρίζουμε ότι δεν μπορεί να ισχύει, επειδή γνωρίζουμε ότι έχουμε πρόβλημα με την μπαταρία το οποίο μπορεί να οφείλεται είτε σε χαλασμένη μπαταρία είτε στα καλώδια τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα σωστά. Ο άνθρωπος δημιουργεί διανοητικά μοντέλα μόνο για τις προτάσεις οι οποίες μπορεί να ισχύουν.

Ο άνθρωπος αποθηκεύει αρκετή από τη γνώση που έχει αποκομίσει για τον κόσμο, στον εγκέφαλό του υπό τη μορφή conditional προτάσεων, δηλαδή προτάσεων του τύπου If Condition then Conclusion.

Όταν συλλογίζεται για καταστάσεις που προκύπτουν και φέρνει στη μνήμη του conditional προτάσεις, δημιουργεί διανοητικά μοντέλα, για όλες τις πιθανές καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν από την συγκεκριμένη conditional πρόταση ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που δημιουργεί τα διανοητικά μοντέλα και για τις υπόλοιπες προτάσεις που δεν είναι conditional.

## 2.3 Ten Sets of Possibilities for Conditionals<sup>[6]</sup>

### 2.3.1 Εισαγωγή

Οι conditional προτάσεις στην φυσική γλώσσα γενικότερα, μπορεί να αφορούν κάποια ερώτηση, εντολή ή παράκληση, αλλά και προτάσεις στις οποίες η συνθήκη και το αποτέλεσμα συσχετίζονται μεταξύ τους.

Παραδείγματος χάριν:

If Vivien leaves, then you will leave<sup>[6]</sup>. (εντολή)

If Vivien leaves, then are you allowed to leave?<sup>[6]</sup> (ερώτηση)

If Vivien leaves, then please leave<sup>[6]</sup>. (παράκληση)

Εμείς έχουμε ασχοληθεί και μελετήσει τις προτάσεις οι οποίες αφορούν συμπερασματολογία (reasoning), δηλαδή τις προτάσεις στις οποίες η συνθήκη και το αποτέλεσμα συσχετίζονται μεταξύ τους άμεσα. Η μελέτη αυτών των προτάσεων έγινε μέσω της δημοσίευσης: Conditionals: A Theory of Meaning, Pragmatics, and Inference<sup>[6]</sup> των γνωστικών ψυχολόγων Johnson-Laird και Ruth M. J. Byrne.

Σύμφωνα με τους συγγραφείς, αυτού του είδους οι conditional προτάσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις προτάσεις που εξαρτώνται από το θέμα (context) της πρότασης και από την γνώση που έχει για το συγκεκριμένο θέμα ο άνθρωπος και στις προτάσεις που είναι όσο το δυνατόν ανεξάρτητες από το θέμα(context) και την κοινή γνώση για το συγκεκριμένο θέμα. Οι προτάσεις της δεύτερης κατηγορίας έχουν επιπλέον το χαρακτηριστικό, ότι η ‘συνθήκη’ του conditional και το αποτέλεσμα είναι σημασιολογικά ανεξάρτητα. Η μόνη σχέση που έχουν μεταξύ τους, είναι ότι η δράση (‘συνθήκη’) μπορεί να προκαλέσει το αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα είναι συνέπεια της πράξης που έχει προηγηθεί και αναφέρεται στη συνθήκη της conditional πρότασης.

Η κατηγορία των Conditional προτάσεων στην οποία, τα διανοητικά μοντέλα είναι ανεξάρτητα από το θέμα και την κοινή γνώση, έχει δύο βασικά είδη προτάσεων από τα οποία παράγονται οι υπόλοιπες προτάσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας. Το πρώτο είδος των προαναφερόμενων προτάσεων, αποτελούν οι προτάσεις του τύπου If A then C, οι οποίες συνιστούν το κλασικό πρότυπο για conditional πρόταση, το οποίο ονομάζεται conditional interpretation. Το δεύτερο είδος πρότασης, αποτελείται από προτάσεις If A then possibly C. Ονομάζεται tautological interpretation, επειδή επιτρέπει κάθε πιθανότητα στο διανοητικό μοντέλο. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε λεπτομερώς στα 10 είδη Conditional προτάσεων που προκύπτουν από τις δυο βασικές κατηγορίες και αποτελούν ειδικές περιπτώσεις. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι μία πρόταση ανήκει σε διαφορετικό είδος Conditional πρότασης όταν η πρόταση έχει διαφορετικό διανοητικό μοντέλο.

### 2.3.2 Tautological interpretation

Το πρότυπο του συγκεκριμένου είδους conditional πρότασης, είναι If A then possibly C. Ονομάζεται tautological, καθώς επιτρέπει όλα τα πιθανά διανοητικά μοντέλα. Δεν υπάρχει κανένα διανοητικό μοντέλο που μπορεί να μην ισχύει σε αυτό το είδος πρότασης, όλοι οι συνδυασμοί είναι πιθανοί. Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στη λέξη possibly.

**Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:**

1.  $a \ c$
2.  $a \ \neg c$
3.  $\neg a \ c$
4.  $\neg a \ \neg c$

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από το διανοητικό μοντέλο, εξαιτίας της λέξης possibly που περιέχεται στο πρότυπο της πρότασης, όταν η απαιτούμενη συνθήκη

ισχύει, τότε είναι πιθανόν το αποτέλεσμα να ισχύει χωρίς αυτό όμως να είναι βέβαιο. Όταν η απαιτούμενη συνθήκη δεν ισχύει τότε το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει πιθανόν εξαιτίας κάποιας άλλης αιτίας, ή μπορεί να μην ισχύει.

### Παράδειγμα Πρότασης<sup>[6]</sup>:

“If there are lights over there, then there may be a road”

Διανοητικά μοντέλα:

1. lights road
2. lights  $\neg$  road
3.  $\neg$  lights road
4.  $\neg$  lights  $\neg$  road

Όταν κοιτάξουμε κάπου και υπάρχουν αρκετά φώτα στη σειρά τότε μπορεί να υπάρχει δρόμος (πρώτη περίπτωση διανοητικού μοντέλου). Στην περίπτωση όμως, που υπάρχουν κάποια φωτάκια στον ορίζοντα, δεν υπάρχει εγγύηση ότι είναι από φωτισμό δρόμου (δεύτερη περίπτωση διανοητικού μοντέλου). Το τρίτο διανοητικό μοντέλο, είναι η περίπτωση στην οποία, υπάρχει δρόμος, αλλά δεν έχει φωτισμό (και αυτό είναι ένα πιθανό σενάριο). Η τέταρτη περίπτωση είναι, να μην υπάρχουν ούτε φώτα, ούτε δρόμος, που και πάλι είναι ένα πιθανό σενάριο καθώς η πρόταση μας αναφέρει ότι εάν υπάρχει φωτισμός τότε μπορεί να υπάρχει δρόμος.

### 2.3.3 Conditional interpretation

Είναι το βασικό είδος conditional πρότασης, όπου εκφράζεται η κλασική conditional πρόταση If A then C. Η απαιτούμενη συνθήκη έχει πάντα ως επακόλουθο το αποτέλεσμα, αλλά το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει και από άλλη αιτία. Δηλαδή, όταν

δεν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει από άλλη αιτία, ή μπορεί να μην ισχύει.

**Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:**

1.  $a \supset c$
2.  $\neg a \supset c$
3.  $\neg a \supset \neg c$

Στην πρώτη περίπτωση, όταν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, σίγουρα ισχύει και το αποτέλεσμα. Στο δεύτερο και τρίτο μοντέλο, όπου δεν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει για κάποιο άλλο λόγο (2), ή μπορεί να μην ισχύει (3). Αυτό το γεγονός είναι ανεξάρτητο, του ότι η απαιτούμενη συνθήκη δεν ικανοποιείται και για τις δύο περιπτώσεις.

**Παράδειγμα Πρότασης<sup>[6]</sup>:**

“If the patient has malaria, then she has a fever.”

Διανοητικά μοντέλα:

1. malaria fever
2.  $\neg$  malaria fever
3.  $\neg$  malaria  $\neg$  fever

Η πρώτη περίπτωση, είναι η περίπτωση όπου ο ασθενής έχει την ασθένεια της μαλάριας και για αυτό σίγουρα θα παρουσιάσει πυρετό. Η αιτία που έχει παρουσιάσει πυρετό είναι σίγουρα η μαλάρια.

Στη δεύτερη περίπτωση, ο ασθενής δεν έχει μαλάρια και η ύπαρξη πυρετού οφείλεται σε κάποιον άλλο παράγοντα. Στην τρίτη περίπτωση ο ασθενής δεν έχει μαλάρια ούτε πυρετό. Στη δεύτερη και τρίτη περίπτωση, παρατηρούμε ότι η μη ικανοποίηση της απαιτούμενης συνθήκης δεν έχει σχέση με το αποτέλεσμα, καθώς η εμφάνιση πυρετού σε κάποιον ασθενή δεν οφείλεται αποκλειστικά στην ύπαρξη μαλάριας.

Το αποτέλεσμα δεν μπορεί να προκληθεί αποκλειστικά από την συνθήκη στο Conditional interpretation.

### 2.3.4 Enabling interpretation

Το Enabling interpretation προέρχεται από το Tautological interpretation. Έρχεται να καλύψει την περίπτωση, όπου η απαιτούμενη συνθήκη είναι απαραίτητη για την ύπαρξη του αποτελέσματος. Χωρίς να ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, δεν μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα. Το πρότυπο του συγκεκριμένου τύπου προτάσεις είναι Only if A then possibly C.

**Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:**

1.  $a \text{ c}$
2.  $a \neg c$
3.  $\neg a \neg c$

Στις πρώτες δύο περιπτώσεις, παρατηρούμε ότι η ικανοποίηση της συνθήκης δεν σημαίνει απαραίτητα ότι φέρνει το αποτέλεσμα. Αφού το αποτέλεσμα στην πρώτη περίπτωση ισχύει και στη δεύτερη περίπτωση δεν ισχύει. Αυτό οφείλεται στην λέξη possibly, η οποία υποδηλώνει όπως και στο Tautological interpretation, ότι με την ικανοποίηση της απαιτούμενη συνθήκης, το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει.

Η τρίτη περίπτωση είναι και η πιο σημαντική, αφού περιέχει το νόημα της ύπαρξης αυτής της κατηγορίας. Σε αυτό το διανοητικό μοντέλο, έχουμε ότι εάν δεν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη τότε σίγουρα δεν ισχύει και το αποτέλεσμα.

### Παράδειγμα Πρότασης<sup>[6]</sup>:

“If oxygen is present then there may be a fire.”

Διανοητικά μοντέλα:

1. oxygen is present    be a fire
2. oxygen is present     $\neg$ be a fire
3.  $\neg$ oxygen is present     $\neg$ be a fire

Όταν υπάρχει οξυγόνο τότε πιθανόν να υπάρξει και φωτιά. Αυτό παρουσιάζεται στις δύο πρώτες περιπτώσεις. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, δεν είναι απαραίτητο ότι όπου υπάρχει οξυγόνο υπάρχει και φωτιά. Όμως, στην τρίτη περίπτωση βλέπουμε ότι χωρίς την ύπαρξη οξυγόνου δεν μπορεί να υπάρξει φωτιά. Η απαιτούμενη συνθήκη, είναι αναγκαία για να μπορεί να υπάρξει το αποτέλεσμα.

#### 2.3.5 Disabling interpretation

Προέρχεται και αυτό το είδος πρότασης από το Tautological interpretation. Η διαφορά του από το Tautological είναι ότι, όταν η απαιτούμενη συνθήκη δεν ικανοποιείται, τότε το αποτέλεσμα ισχύει σίγουρα. Το πρότυπο του συγκεκριμένου είδους προτάσεις είναι: Even if A then C may still occur.

Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:

1. a c
2. a  $\neg$ c
3.  $\neg$  a c

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στις δύο πρώτες περιπτώσεις, όταν η απαιτούμενη συνθήκη ισχύει, το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει μπορεί και να μην ισχύει. Όμως, στην τρίτη περίπτωση, όταν η απαιτούμενη συνθήκη δεν ικανοποιείται, τότε το αποτέλεσμα είναι αναπόφευκτο.

### Παράδειγμα Πρότασης<sup>[6]</sup>:

“Even if the workers settle for lower wages then the company may still go bankrupt.”

1. settle bankrupt
2. settle  $\neg$  bankrupt
3.  $\neg$  settle bankrupt

Στα πρώτη περίπτωση διανοητικού μοντέλου, είναι η περίπτωση όπου ενώ οι εργαζόμενοι δέχονται τις μειώσεις των μισθών, η εταιρεία μπορεί να χρεοκοπήσει (1.), μπορεί και να μη χρεοκοπήσει (2.).

Η Τρίτη περίπτωση του διανοητικού μοντέλου, είναι και η πιο σημαντική: οι εργαζόμενοι δεν δέχονται την μείωση του μισθού τους και έτσι σίγουρα η εταιρεία θα χρεοκοπήσει. Όταν σίγουρα δεν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, τότε σίγουρα το αποτέλεσμα ισχύει.

### 2.3.6 Biconditional interpretation

Το διανοητικό μοντέλο Biconditional interpretation, μπορούμε να το παράξουμε με τη χρήση δύο conditional προτάσεων της μορφής : “If A then C, and if not A then not C”. Η απαιτούμενη συνθήκη είναι ικανή και αναγκαία συνθήκη, για το αποτέλεσμα. Όταν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα ισχύει το αποτέλεσμα και όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα δεν ισχύει το αποτέλεσμα.

### Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:

1. a c
2.  $\neg$ a  $\neg$ c

Στην πρώτη περίπτωση αυτού του διανοητικού μοντέλου, όταν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, σίγουρα ισχύει και το αποτέλεσμα.



Ως δεύτερη περίπτωση αυτού του διανοητικού μοντέλου, έχουμε την περίπτωση όπου όταν δεν ισχύει η απαιτούμενη συνθήκη, τότε δεν ισχύει ούτε και το αποτέλεσμα.

### **Παράδειγμα Πρότασης<sup>[6]</sup>:**

“If it’s heated, then this butter will melt.”

Διανοητικά μοντέλα:

1. butter heated → butter will melt.
2.  $\neg$  butter heated →  $\neg$  butter will melt.

Η πρώτη περίπτωση, είναι η περίπτωση όπου όταν ζεσταθεί το βούτυρο, τότε θα λιώσει. Η δεύτερη περίπτωση αναφέρει, ότι εάν δεν ζεσταθεί το βούτυρο, τότε δεν θα λιώσει. Γνωρίζουμε ότι ο μόνος τρόπος για να λιώσει το βούτυρο είναι να το ζεστάνουμε.

### **2.3.7 Strengthened antecedent**

Ο συγκεκριμένος τύπος πρότασης, ανήκει στις προτάσεις όπου το θέμα και η κοινή γνώση επηρεάζουν τα διανοητικά μοντέλα. Συγκεκριμένα, η συνθήκη ισχύει σίγουρα. Το αποτέλεσμα είναι ένα επακόλουθο της συνθήκης, που μπορεί να ισχύει μπορεί και να μην ισχύει. Μερικές φορές, το αποτέλεσμα συνδέεται με την συνθήκη και σημασιολογικά. Το γενικό πρότυπο της πρότασης είναι: If A then possibly C. Η λέξη possibly, είναι η αιτία που το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει, μπορεί και να μην ισχύει.

**Διανοητικά μοντέλα<sup>[6]</sup>:**

1. a c
2. a  $\rightarrow$  c

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε, από τα διανοητικά μοντέλα, η συνθήκη ισχύει σίγουρα και αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει μπορεί και όχι. Το αποτέλεσμα είναι πιθανό επακόλουθο της συνθήκης.

**Παράδειγμα<sup>[6]</sup>:**

“If it doesn’t rain, then maybe it’ll pour.”

Διανοητικά μοντέλα:

1. rain pour
2. rain  $\neg$ pour

Το παράδειγμα αναφέρει, ότι εάν δεν βρέξει τότε θα βρέξει καταρρακτωδώς. Εμείς αντιλαμβανόμαστε ότι σίγουρα θα βρέξει και ότι μπορεί να βρέξει και καταρρακτωδώς. Αυτά τα συμπεραίνουμε επειδή αντιλαμβανόμαστε την σημασιολογική σχέση, που υπάρχει μεταξύ της απαιτούμενης συνθήκης και του αποτελέσματος. Αυτό είναι αρκετά πολύπλοκο για να υλοποιηθεί σε πρώτο στάδιο, για αυτό θα ασχοληθούμε με προτάσεις αυτού του τύπου που δεν έχουν άμεση σημασιολογική σχέση η συνθήκη με το αποτέλεσμα, όπως την πρόταση του παραδείγματος που ακολουθεί.

**Παραδειγμα<sup>[6]</sup>:**

‘If there is gravity (which there is) then your apples may fall tomorrow.’

Διανοητικά μοντέλα:

1. there is gravity apples fall tomorrow
2. there is gravity  $\neg$  apples fall tomorrow

Η συγκεκριμένη πρόταση είναι ένα παράδειγμα πρότασης, όπου με τη χρήση της κοινής γνώσης (Background Knowledge) που έχουμε για το θέμα, δημιουργούμε το γνωστικό μοντέλο. Θεωρούμε δεδομένο ότι υπάρχει βαρύτητα (αυτό αποτελεί αδιαμφισβήτητο γεγονός). Το συμπέρασμα ότι το μήλο θα πέσει κάτω, μπορεί να

συμβεί μπορεί και να μην συμβεί. Αυτό οφείλεται στη λέξη *may*, η οποία είναι συνώνυμο της λέξης *possibly* και υποδηλώνει ότι το γεγονός μπορεί να συμβεί, μπορεί και να μην συμβεί.

### 2.3.8 Relevance interpretation

Η συγκεκριμένη πρόταση είναι η κλασική conditional πρόταση στην οποία το θέμα της πρότασης εξαλείφει την πιθανότητα να μην ισχύει το αποτέλεσμα. Το πρότυπο της πρότασης είναι: *If A then C*.

**Διανοητικά μοντέλα**<sup>[6]</sup>:

1.  $a \supset c$
2.  $\neg a \supset c$

Το αποτέλεσμα είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός, γι' αυτό ισχύει και στις δυο περιπτώσεις του συγκεκριμένου διανοητικού μοντέλου. Η συνθήκη συνήθως, είναι κάτι σχετικό με το αποτέλεσμα, όμως το αποτέλεσμα ισχύει ανεξαρτήτως της συνθήκης.

**Παράδειγμα**<sup>[6]</sup>:

“If you are interested in Vertigo, then it is on TV tonight.”

Διανοητικά μοντέλα:

1. interested on TV
2.  $\neg$  interested on TV

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, είτε κάποιος ενδιαφέρεται για το Vertigo είτε όχι, η εκπομπή Vertigo θα προβληθεί στην τηλεόραση απόψε. Το αποτέλεσμα γνωρίζουμε ότι είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός και ανεξάρτητο από την συνθήκη.

### 2.3.9 Tollens interpretation

Η συγκεκριμένου τύπου πρόταση, εξαρτάται από την κοινή γνώση που έχουν οι συνομιλητές. Αφορά προτάσεις, στις οποίες το αποτέλεσμα σίγουρα δεν ισχύει σύμφωνα με την κοινή γνώση των συνομιλητών. Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν ισχύει ούτε η συνθήκη. Το πρότυπο της πρότασης είναι το πρότυπο της κλασικής conditional πρότασης: If A then C

**Διανοητικό μοντέλο<sup>[6]</sup>:**

1.  $\neg a \neg c$

Όπως παρατηρούμε το αποτέλεσμα δεν ισχύει, σύμφωνα με την κοινή γνώση που έχουμε για το θέμα και ως επακόλουθο υποθέτουμε ότι δεν ισχύει ούτε η συνθήκη.

**Παράδειγμα:**

“If that experiment works, then I’ll eat my hat.”

Διανοητικό μοντέλο<sup>[6]</sup>:

1.  $\neg \text{works} \neg \text{eat hat}$

Η πρόταση του παραδείγματος είναι προφανώς ειρωνική. Γνωρίζουμε ότι οι άνθρωποι συνήθως δεν τρώνε καπέλα, έτσι συμπεραίνουμε ότι το αποτέλεσμα δεν ισχύει. Επειδή το αποτέλεσμα δεν ισχύει, υποθέτουμε ότι ούτε η συνθήκη ισχύει. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα γνωρίζουμε ότι το πείραμα δεν έχει πετύχει.

### 2.3.10 Ponens interpretation

Στο Ponens interpretation διανοητικό μοντέλο, γνωρίζουμε ότι η απαιτούμενη συνθήκη ισχύει σίγουρα και έτσι είμαστε σίγουροι ότι ισχύει και το αποτέλεσμα. Την πληροφορία ότι ισχύει η συνθήκη την παίρνουμε από την κοινή γνώση που έχουμε για το θέμα της πρότασης. Το πρότυπο της πρότασης είναι: If A then C.

### **Διανοητικό μοντέλο<sup>[6]</sup>:**

1. a c

Γνωρίζουμε σίγουρα, σύμφωνα με την κοινή γνώση που έχουμε για το θέμα, ισχύει η συνθήκη. Έτσι, σίγουρα ισχύει και το αποτέλεσμα.

### **Παράδειγμα<sup>[6]</sup>:**

“If my name’s Alex, which it is, then Viv is engaged.”

Διανοητικό μοντέλο:

1. my name’s Alex Viv engaged

Οι δύο συνομιλητές γνωρίζουν ότι το όνομα του ομιλούντα είναι Άλεξ, έτσι είναι σίγουροι ότι ισχύει η συνθήκη. Άρα είναι σίγουροι ότι ισχύει και το αποτέλεσμα. Δηλαδή είναι βέβαιοι ότι η Viv είναι αρραβωνιασμένη.

### **2.3.11 Denial of the antecedent and affirmation of the consequent<sup>[6]</sup>**

Σε αυτή την κατηγορία προτάσεων ανήκουν οι προτάσεις οι οποίες περιέχουν κάποιου είδους ειρωνεία. Παραδείγματος χάρη, η πρόταση “If Bill Gates needs money, then I’ll be happy to lend it to him.” ανήκει σε αυτήν την κατηγορία. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε, η πρόταση είναι ειρωνική, αφού ο Bill Gates δεν χρειάζεται χρήματα επειδή γνωρίζουμε ότι είναι από τους πιο πλούσιους ανθρώπους στον κόσμο. Άρα μέσα από την κοινή γνώση, συμπεραίνουμε ότι η συνθήκη σίγουρα δεν ισχύει. Εντούτοις, το αποτέλεσμα αν και εμπεριέχει κάποια ειρωνεία ισχύει, καθώς αναφέρει ότι αν χρειαζόταν χρήματα θα του τα έδινε. Το διανοητικό μοντέλο είναι:  $\neg$  need happy to lend σύμφωνα με τους συγγραφείς της δημοσίευσης<sup>[6]</sup>. Όμως, επειδή η πρόταση εμπεριέχει κάποιου είδους ειρωνεία, θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι δεν είχε πράγματι την πρόθεση να του δανείσει χρήματα.

Εν κατακλείδι, οι προτάσεις αυτής της κατηγορίας, επειδή εμπεριέχουν κάποια ειρωνεία και εξαρτώνται σε υπερβολικό βαθμό από την κοινή γνώση των συνομιλητών, είναι δύσκολο να υλοποιηθούν και δεν θα ασχοληθούμε με την υλοποίησή τους στο παρόν στάδιο.

Αδάμος Κουμής

Table 4  
*The Interpretations of Conditionals of the Form If A Then C*

Number of possibilities	The ten interpretations		
Four	Tautology		
	a c		
	a $\neg$ c		
	$\neg$ a c		
If there are lights over there then there may be a road. If she owns the house then she may look out of the window.	$\neg$ a $\neg$ c		
Three	Conditional	Enabling	Disabling
	a c	a c	a c
	$\neg$ a c	a $\neg$ c	a $\neg$ c
	$\neg$ a $\neg$ c	$\neg$ a $\neg$ c	$\neg$ a c
If the patient has malaria then she has a fever. If he promised then he must take the kids to the zoo.	If oxygen is present then there may be a fire. If it's her book then she is allowed to give it away.	If the workers settle for lower wages then the company may still go bankrupt. If you're married then you have the right to remain silent.	
Two	Biconditional	Strengthen antecedent	Relevance
	a c	a c	a c
	$\neg$ a $\neg$ c	a $\neg$ c	$\neg$ a c
	If he drives the car then he will crash it. If she owes money then she must repay it.	If there is gravity (which there is) then your apples may fall. If you're allowed to drink then you can have a beer.	If you're interested in seeing Vertigo then it is on TV tonight. If you're interested then he must pay the fine.
One	Tollens	Ponens	Deny antecedent and affirm consequent
	$\neg$ a $\neg$ c	a c	$\neg$ a c
	If it works then I'll eat my hat. If it works then I'll be obligated to jump in the lake.	If my name is Alex then Viv is engaged. If I'm a soldier then I must fight.	If Bill Gates needs money then I'll lend it to him. If Viv has been so kind to Pat then Pat as a devout person must forgive Viv.

*Note.* The table presents the set of possibilities referred to by each sort of conditional and everyday examples of factual and deontic conditionals.

Figure 1 The Interpretations of Conditionals of the Form If A Then C<sup>[6]</sup>

## 2.4 Πείραμα επιβεβαίωσης της διαμόρφωσης διανοητικών μοντέλων<sup>[6]</sup>

Δόθηκαν προτάσεις των κατηγοριών: Tautological, Enabling, Disabling, Strengthened antecedent, Conditional, Biconditional και Relevance στους είκοσι δύο συμμετέχοντες. Προτάσεις από τις υπόλοιπες τρεις κατηγορίες δεν δόθηκαν, αφού μπορούσαν να προκαλέσουν σύγχυση στους συμμετέχοντες, επειδή μπορούσαν να περιέχουν κάποιου είδους ειρωνεία.

### **Κατάλογος προτάσεων:**

**Tautological:** If there are lights over there then there may be a road.

**Enabling:** If you log on to the computer then you may be able to receive e-mail.

**Disabling:** If it is sunny then it may also be cloudy.

**Strengthened antecedent:** If there is gravity (which there is) then your apples may fall tomorrow.

**Conditional:** If the patient has malaria, then she has a fever.

**Biconditional:** If it's heated, then this butter will melt.

**Relevance:** If you're interested, then Letterman is on TV tonight.

Τα άτομα ερωτήθηκαν τι ήταν δυνατό και τι αδύνατο να ισχύσει σε σχέση με τις προτάσεις. Μέσω αυτής της διαδικασίας οι συγγραφείς έλεγξαν εάν οι συμμετέχοντες στο πείραμα προέβλεψαν για την κάθε πρόταση εάν ανήκει στην ίδια κατηγορία με αυτή που την είχαν κατάταξη οι συγγραφείς.

### **Αποτελέσματα**

Οι περισσότεροι χρήστες κατέταξαν στην κατηγορία που προέβλεψαν οι συγγραφείς τις προτάσεις του τύπου Tautological, Enabling, Strengthened antecedent, Conditional και Relevance.



Οι απόψεις των περισσότερων συμμετεχόντων στο πείραμα δεν ταυτίζονται με τις απόψεις των συγγραφέων στις προτάσεις του τύπου Disabling και Biconditional. Η αιτία της διαφωνίας σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι το νόημα που έχουν οι δύο προτάσεις που χρησιμοποιήθηκαν ως παράδειγμα, καθώς για το παράδειγμα της Biconditional πρότασης “If it’s heated, then this butter will melt.” Η πλειοψηφία από τους συμμετέχοντες στο πείραμα, έκριναν ότι το βούτυρο μπορεί να λιώσει ακόμη και αν δεν ζεσταθεί. Στο παράδειγμα Disabling πρότασης: “If it is sunny then it may also be cloudy.” Οι συμμετέχοντες στο πείραμα έκριναν ότι μπορεί να μην έχει σύννεφα ακόμη όταν ο καιρός δεν είναι ηλιόλουστος (στην περίπτωση που είναι νύχτα).

Τα αποτελέσματα του πειράματος στο σύνολο τους, επιβεβαίωσαν ότι τα διανοητικά μοντέλα των προτάσεων είναι σωστά. Αφού η πλειοψηφία των συμμετεχόντων έδωσαν το ίδιο διανοητικό μοντέλο, με το μοντέλο της κατηγορίας στην οποία ανήκε η πρόταση.

## Κεφάλαιο 3

### Ανασκόπηση στην γνωστική επιχειρηματολογία

#### (Cognitive Argumentation)

##### 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, αρχικά θα ασχοληθούμε με την επιχειρηματολογία στην τεχνητή νοημοσύνη. Ακολούθως, θα μιλήσουμε για το τι είναι γνωστική επιχειρηματολογία (Cognitive Argumentation) και για το πώς θα φέρει τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πιο κοντά στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι άνθρωποι. Τελειώνοντας, θα αναφερθούμε στο σύστημα επιχειρηματολογίας του Γοργία, το οποίο χρησιμοποιούμε και στην παρούσα εργασία.

##### 3.2 Επιχειρηματολογία Argumentation

Στην επιχειρηματολογία, η γενική δομή της γνώσης ονομάζεται σχήμα επιχειρημάτων (argumentation scheme). Ένα argumentation scheme, είναι μία δομή η οποία περιέχει δύο συσχετιζόμενες μεταξύ τους πληροφορίες. Περιέχει μία υπόθεση η οποία στηρίζει το αξίωμα του argumentation scheme και το αξίωμα του argumentation scheme<sup>[3]</sup>.

Τα επιχειρήματα φτιάχνονται από σχήματα επιχειρημάτων και υποστηρίζουν τη θέση που υποστηρίζει το σχήμα. Ο συλλογισμός (reasoning) στην επιχειρηματολογία, είναι η διαδικασία στην οποία αναλύουμε τις εναλλακτικές επιλογές του επιχειρήματος που θέλουμε να μάθουμε αν ισχύει.

Τα πιο σημαντικά κομμάτια που απαρτίζουν ένα σύστημα επιχειρηματολογίας είναι τα σχήματα επιχειρημάτων, ένας κατάλογος από τις συγκρουόμενες θέσεις, τον οποίο ορίζουμε εμείς και η ισχύς που έχει το κάθε σχήμα επιχειρημάτων σε σχέση με τα υπόλοιπα σχήματα.

Η συμπερασματολογία (reasoning) γίνεται μέσω της διαδικασίας του dialectic argumentation<sup>[3]</sup>. Στο dialectic argumentation, αρχικά βρίσκουμε το αρχικό επιχείρημα το οποίο στηρίζει το συμπέρασμα το οποίο θέλουμε να δούμε αν ισχύει. Ακολούθως, εκτελούμε την διαδικασία που ακολουθεί:

1. Εντοπίζουμε ένα αντίεπιχείρημα έναντι στο επιχείρημα που θέλουμε να αποδείξουμε.
2. Έπειτα, ψάχνουμε να βρούμε ένα επιχείρημα μέσω του οποίου θα αμυνθούμε έναντι του αντίεπιχειρήματος. Το επιχείρημα που αναζητούμε για να αμυνθούμε έναντι του αντίεπιχειρήματος πρέπει να είναι πιο ισχυρό ή ισοδύναμο από το αντίεπιχείρημα.
3. Στο επόμενο βήμα, ελέγχουμε ότι αυτό το επιχείρημα με το οποίο θα αμυνθούμε έναντι του αντίεπιχειρήματος δεν συγκρούεται με το αρχικό επιχείρημα.
4. Εάν δεν συγκρούεται, το προσθέτουμε στην λίστα με τα αποδεκτά επιχειρήματα τα οποία υποστηρίζουν το συμπέρασμα που θέλουμε να αποδείξουμε.

Συνεχίζουμε τη ίδια διαδικασία, μέχρι να εξουδετερώσουμε όλα τα αντίπεριρήματα, που επιτίθενται στο αρχικό επιχείρημα που θέλουμε να αποδείξουμε.

### **3.3 Γνωστική επιχειρηματολογία (Cognitive Argumentation)**

Η γνωστική επιχειρηματολογία αναδύεται από τον συνδυασμό της επιχειρηματολογίας στην τεχνητή νοημοσύνη, με τις διάφορες εμπειρικές και θεωρητικές μελέτες που γίνονται στον τομέα της γνωστικής ψυχολογίας, που ασχολείται με τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος σκέφτεται και εκτελεί συλλογισμούς για να βγάλει συμπεράσματα. Η θεωρία της επιχειρηματολογίας στην τεχνητή νοημοσύνη, αποτελεί μία εξαιρετική υπολογιστική βάση για συστήματα επιχειρηματολογίας. Εντούτοις, τα συστήματα αυτά δεν βρίσκονται κοντά στον τρόπο που σκέφτεται ο άνθρωπος, με τη χρήση όμως των μελετών των γνωστικών ψυχολόγων για τον τρόπο που σκέφτεται ο άνθρωπος, σε συνδυασμό με αυτή την πολύ καλή υπολογιστική βάση, θα μπορούσαμε να φτιάξουμε συστήματα τα οποία θα είναι κοντά στον τρόπο με τον οποίον επιχειρηματολογεί ο άνθρωπος.

Το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού γνωστικής ψυχολογίας και επιχειρηματολογίας, θα είναι συστήματα των οποίων η χρήση θα είναι πιο εύκολη για τους ανθρώπους, καθώς επίσης τα συμπεράσματα θα είναι πιο κατανοητά.

Στη γνωστική επιχειρηματολογία χρησιμοποιούμε μοντέλα που έχουν θεσπιστεί από τους γνωστικούς ψυχολόγους, για τον τρόπο που σκεφτόμαστε ως σχήματα επιχειρηματολογίας, τα οποία συνοδεύονται από την ανάλογη ισχύ του επιχειρήματος.

Για να πετύχουμε την αναπαράσταση της ισχύος των σχημάτων επιχειρηματολογίας χρησιμοποιούμε επιχειρηματολογία που βασίζεται πάνω σε προτεραιότητες, έτσι ώστε τα σχήματα επιχειρηματολογίας που είναι πιο ισχυρά να έχουν προτεραιότητα έναντι των σχημάτων που είναι πιο ανίσχυρα.

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιούμε τη θεωρία που έχει θεσπιστεί από τους γνωστικούς ψυχολόγους για τον τρόπο που διαχειριζόμαστε τις conditional προτάσεις ως σχήματα επιχειρηματολογίας, δίνοντας στο σχήμα επιχειρηματολογίας της κάθε πρότασης την ανάλογη ισχύ.

### **3.4 Argumentation and Explainable AI**

Explainable AI ορίζεται η δυνατότητα των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης να παρέχουν επεξήγηση για τις αποφάσεις τους. Στις μέρες μας, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης επιβάλλεται, για κάθε απόφασή τους που επηρεάζει την ανθρώπινη ζωή, να παρέχουν και την ανάλογη δικαιολόγηση (για ποιο λόγο έχουν πάρει την απόφαση). Το Explainable AI, έχει νομοθετηθεί και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία ζητά οι αποφάσεις των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης να διέπονται από πλήρη διαφάνεια<sup>[10]</sup>.

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν επεξηγήσεις γιατί έχουν πάρει τη συγκεκριμένη απόφαση, πώς έχουν καταλήξει στη συγκεκριμένη απόφαση, και γιατί η απόφασή τους είναι σχετική με την ερώτηση.

Ακόμη πρέπει να παρέχουν πληροφορίες στο χρήστη γενικότερα για το θέμα για το οποίο έχουν κληθεί να πάρουν απόφαση, ούτως ώστε να μπορεί να κατανοήσει καλύτερα την απόφαση και τις εξηγήσεις που παρέχουν τα συστήματα για αυτήν.

Τα συστήματα επιχειρηματολογίας στην τεχνητή νοημοσύνη, έχουν τεράστιο αντίκτυπο στο Explainable AI, καθώς έχουν τεράστιες δυνατότητες στο να παρέχουν επεξηγήσεις για τις αποφάσεις που παίρνει το σύστημα.

Στην επιχειρηματολογία, μπορούμε να παρουσιάσουμε βήμα προς βήμα το πώς φτάσαμε στο συμπέρασμα. Τα συστήματα επιχειρηματολογίας, μπορούν να παρουσιαστούν στο χρήστη, ποια επιχειρήματα έχουν γίνει αποδεκτά και οδηγούν στο συγκεκριμένο συμπέρασμα. Επίσης, υπάρχουν συστήματα επιχειρηματολογίας τα οποία μπορούν να παρουσιάσουν ποια επιχειρήματα επιτίθονταν στο συμπέρασμα, αλλά δεν υπερίσχυσαν επειδή τα αποδεκτά επιχειρήματα ήταν πιο ισχυρά από αυτά. Η διαδικασία αυτή είναι εύκολα κατανοητή από τους χρήστες καθώς αυτή η διαδικασία, ομοιάζει με τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι παίρνουν αποφάσεις τους.

### **3.5 Επιχειρηματολογία Γοργίας**

Ο Γοργίας είναι ένα πλαίσιο επιχειρηματολογίας το οποίο έχει υλοποιηθεί στην Prolog (Kakas & Moraitis (2003), Noël & Kakas (2009), Spanoudakis et al. (2016b)). Τα επιχειρήματα αναπαρίστανται υπό τη μορφή κανόνων. Το συμπέρασμα του κανόνα είναι το αξίωμα που υποστηρίζει το επιχείρημα. Οι συνθήκες του κανόνα είναι οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για να ισχύει το συμπέρασμα.

Η ισχύς των επιχειρημάτων αναπαρίσταται στον Γοργία υπό τη μορφή προτεραιοτήτων, μεταξύ των κανόνων που αναπαριστούν τα επιχειρήματα. Τα επιχειρήματα τα οποία συγκρούονται εισάγονται στο σύστημα ως κατηγορήματα (complement).

Ακόμη, ο Γοργίας έχει τη δυνατότητα να κάνει υποθέσεις, εάν δεν γνωρίζουμε εάν ισχύει κάποιο επιχείρημα. Όμως, οι υποθέσεις αυτές είναι πιο αδύναμες (έχουν πιο χαμηλή προτεραιότητα) από τους κανόνες.

Εκτός από το αποτέλεσμα, εάν ισχύει κάποιο επιχείρημα ή όχι, ο Γοργίας μας παρέχει τη δυνατότητα να γνωρίζουμε ποια γεγονότα, ποιοι κανόνες, ποιες προτεραιότητες και ποιες υποθέσεις χρησιμοποιήθηκαν από τον Γοργία, για να καταλήξει στο συμπέρασμα. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες περιέχονται στο Δέλτα του Γοργία, το οποίο είναι μία λίστα της Prolog που περιέχει αυτές τις πληροφορίες.

Το δέλτα του Γοργία, μετά από μία μικρή επεξεργασία είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την παραγωγή επεξηγήσεων σε φυσική γλώσσα, για τις αποφάσεις που παίρνει το σύστημα. Οι επεξηγήσεις αυτές σε φυσική γλώσσα, μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητές από το χρήστη του συστήματος.

Η παρουσία των προτεραιοτήτων που ισχύουν, για να βγει το συμπέρασμα στο δέλτα του Γοργία, μας παρέχει τη δυνατότητα να κατανοήσει ο χρήστης για ποιο λόγο απορρίφθηκε κάποιο άλλο συμπέρασμα και ισχύει το συγκεκριμένο συμπέρασμα που έχει πάρει ως αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, σε ένα ιατρικό σύστημα στο οποίο ο χρήστης εισάγει τα συμπτώματα του και το σύστημα του επιστρέφει ποια είναι η πιο

πιθανή ασθένεια. Με τη δικαιολόγηση, η οποία παράγεται μέσω του δέλτα του Γοργία, ο χρήστης μπορεί να πληροφορηθεί για ποιο λόγο απορρίφθηκε κάποια άλλη πιθανή ασθένεια και επιλέγηκε η συγκεκριμένη.

Επίσης, μέσω αυτής της δυνατότητας του δέλτα, μπορούμε να δημιουργήσουμε γραφική αναπαράσταση της επεξήγησης. Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να παρουσιάσουμε στους χρήστες, ποια επιχειρήματα απορρίφθηκαν ως πιο αδύναμα, ποια επιχειρήματα ισχύουν και ποιες υποθέσεις έγιναν αποδεκτές για να φτάσουμε στο συμπέρασμα.

Στην παρούσα εργασία έχει χρησιμοποιηθεί ο Γοργίας ως πλαίσιο επιχειρηματολογίας στο οποίο υλοποιήθηκαν διανοητικά μοντέλα για τις conditional προτάσεις.



## Κεφάλαιο 4

### Controlled Natural Language CNL

#### 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τις Controlled Natural Languages. Αρχικά, θα γίνει μια γενική εισαγωγή στις Controlled Natural Languages. Θα αναφερθούμε στο τι είναι Controlled Natural Languages, πως συνδέονται με τους υπολογιστές και γενικά για ποιο λόγο τις χρησιμοποιούμε. Στη συνέχεια, θα γίνει μία σύντομη ιστορική αναδρομή στις CNL. Μετέπειτα, θα αναφερθούμε σε διάφορες CNL, οι οποίες έχουν ήδη αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς. Κλείνοντας το κεφάλαιο, θα γίνει αναφορά σε CNL για τις conditional προτάσεις.

#### 4.2 Εισαγωγή CNL

Μια Controlled Natural Language, αποτελεί μια πιο περιορισμένη εκδοχή μιας φυσικής γλώσσας. Έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί έναν ειδικό σκοπό. Ο σκοπός για τον όποιον μπορεί να σχεδιάστηκε μια Controlled Natural Language ποικίλη. Αρχικά, είχαν σχεδιαστεί για να συνεννοούνται άνθρωποι διαφορετικών εθνικοτήτων, οι οποίοι δεν είχαν γνώση της φυσικής γλώσσας ως μητρική τους. Στις μέρες μας, δημιουργούνται Controlled Natural Languages με σκοπό την κατανόηση των CNL, από τους υπολογιστές.

Συνήθως για την δημιουργία μιας Controlled Natural Language, χρησιμοποιείται ένα αυστηρά προκαθορισμένο υποσύνολο, από την γραμματική και το λεξιλόγιο μιας

γλώσσας, προσθέτοντας επιπλέον όρους (λέξεις) που αφορούν το συγκεκριμένο σκοπό, για τον οποίο έχει σχεδιαστεί.

Ο όρος Controlled Natural Language, είναι ένας πολύ ασαφής όρος, αφού δεν υπάρχουν προκαθορισμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει μια Controlled Natural Language στην γενική της μορφή. Αυτό συμβαίνει διότι, οι CNL έχουν σχεδιαστεί και χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς και σε διαφορετικά πεδία. Για παράδειγμα, μια CNL μπορεί να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και μια άλλη σε κυβερνητικά τμήματα. Μια CNL, μπορεί να αφορά τον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών και να χρησιμοποιεί διαφορετικούς κανόνες σύνταξης και λεξιλόγιο, από μια άλλη που αφορά τη φιλοσοφία.

Οι CNL, δεν έχουν κοινές προκαθορισμένες ιδιότητες, λόγω του ότι, οι περισσότερες είναι αρκετά ασαφής στην σύνταξής τους, ενώ άλλες πλησιάζουν πολύ σε κανόνες λογικής. Υπάρχουν CNL που προέρχονται από αρκετές φυσικές γλώσσες (αγγλική, γερμανική, κινεζική). Σε αυτήν την μελέτη, θα ασχοληθούμε κυρίως με τις CNL της αγγλικής γλώσσας.

### **Ορισμός<sup>[9]</sup>**

Όπως έχουμε προαναφέρει στην εισαγωγή, η CNL είναι ένας ασαφής όρος, οπότε, δεν έχουμε ένα ορισμό που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις, αφού ο ορισμός διαφοροποιείται αναλόγως με την σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε η γλώσσα. Ακολουθεί ένας γενικός ορισμός των CNLs.

### **Γενικός ορισμός<sup>[9]</sup>**

Μια γλώσσα ορίζεται ως CNL, εάν και μόνο εάν, έχει τις ακόλουθες τέσσερις ιδιότητες:

1. Βασιζεται μόνο σε μια φυσική γλώσσα.
2. Η γλώσσα έχει ένα περιορισμένο λεξιλόγιο, σύνταξη και σημασιολογία.
3. Μπορεί να γίνει κατανοητή, από οποιονδήποτε ξέρει τη φυσική γλώσσα από την οποία έχει προέλθει η γλώσσα.
4. Η CNL είναι μια πολύ αυστηρά κατασκευασμένη γλώσσα, όπου η σύνταξη και το λεξιλόγιο της είναι ορισμένο με απόλυτη σαφήνεια. Η γλώσσα δεν αποτελεί φυσική εξέλιξη της φυσικής γλώσσας μέσα στον χρόνο.

Ο ορισμός που αναφέραμε πιο πάνω, είναι ένας γενικός ορισμός των CNL. Ο δεύτερος ορισμός που ακολουθεί, αφορά περισσότερο τον τομέα της πληροφορικής, αφού αναφέρεται στην κατανόηση μιας Controlled Natural Language από τον υπολογιστή.

### **Δεύτερος ορισμός<sup>[9]</sup>**

Controlled Natural Language, είναι ένα υποσύνολο της φυσικής γλώσσας, που μπορεί να τύχει επεξεργασίας με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα από έναν υπολογιστή, αλλά μπορεί να γίνει κατανοητή από άτομα που δεν είναι επιστήμονες της πληροφορικής.

### **4.3 Ιστορική αναδρομή στις CNL<sup>[9]</sup>**

Η πρώτη CNL, ήταν τα Basic English, που σχεδιαστήκαν το 1930 τα οποία χρησιμοποιούνταν για να βοηθήσουν στην επικοινωνία ατόμων που δεν είχαν τα

αγγλικά ως μητρική γλώσσα με τους άγγλους σε όλο τον πλανήτη. Στα επόμενα έτη μετά το 1930, οι γλώσσες που δημιουργήθηκαν είχαν τον ίδιο σκοπό. Στις αρχές τις δεκαετίας του 1970, ξεκίνησε ο σχεδιασμός των CNL, οι οποίες εφαρμόστηκαν για την δημιουργία τεχνικών εγχειρίδιων από διάφορες εταιρίες. Επίσης, αυτές οι γλώσσες είχαν εφαρμογή και στην αυτόματη μετάφραση τους από τους υπολογιστές (machine translation). Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι CNL ξεκίνησαν να σχεδιάζονται με σκοπό την χρήση τους σε προγράμματα συμπερασματολογίας – λογικής, όπου η CNL μετατρέπεται αυτόματα σε κατηγορήματα, τα οποία μπορούν να εισαχθούν σε ένα σύστημα κατηγορηματικής λογικής.

#### **4.4 Προϋπάρχοντα CNL**

##### **4.4.1 Basic English (Ogden 1930)<sup>[9]</sup>**

Η Basic English, αποτελεί την πρώτη CNL. Δημιουργήθηκε από τον Charles Kay Ogden το 1930, για να βελτιώσει την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων στο παγκόσμιο, οι οποίοι δεν μιλούσαν τα αγγλικά ως μητρική τους γλώσσα. Η Basic English χρησιμοποιήθηκε ως γλώσσα επικοινωνίας στην πολιτική, στην οικονομία και στην επιστήμη. Σε Basic English, έχουν γραφτεί συγγράμματα, βιβλία, νουβέλες ακόμη και κεφαλαία της Βίβλου.

Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της CNL είναι: η γραμματική είναι πιο περιορισμένη σε σχέση με την Αγγλική γλώσσα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο οι ρίζες των 850 λέξεων, της Αγγλικής γλώσσας. Από τα ρήματα της Αγγλικής Γλώσσας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο 18: put, take, give, get, come, go, make, keep, let, do, be, seem, have, may, will, say, see και send. Αυτά τα ρήματα, μπορούν

να συνδυαστούν με προθέσεις για να εκφράσουμε κάποια άλλα ρήματα, π.χ. για το ρήμα insert χρησιμοποιείται η έκφραση put in.

Η χρήση των συγκεκριμένων λέξεων και των παραλλαγών τους, περιγράφεται από άτυπους κανόνες γραμματικής.

Παραδείγματα προτάσεων σε basic English:

The camera man who made an attempt to take a moving picture of the society women, before they got their hats off, did not get off the ship till he was questioned by the police.

Στις μέρες μας, με τη χρήση Basic English, έχει δημιουργηθεί μια έκδοση της Wikipedia: Simple English Wikipedia.

#### **4.4.2 Sowa's syllogisms, σχήματα συλλογισμού του Αριστοτέλη<sup>[9]</sup>**

Σύμφωνα με τον Sowa, τα 4 σχήματα συλλογισμών του Αριστοτέλη (350π.χ.) είναι η αρχαιότερη έκφραση λογικών προτύπων σε CNL.

Τα σχήματα συλλογισμού του Αριστοτέλη στην Αγγλική γλώσσα είναι τα ακόλουθα:

1. Universal affirmative. Every A is B.  
π.χ. Every dog is an animal.
2. Particular affirmative. Some A are B.  
π.χ. Some people are athletic.
3. Universal negative. No A is B.  
π.χ. No man is immortal.
4. Particular negative. Some A are not B.  
π.χ. Some birds are not flying.

#### 4.4.3 Attempto Controlled English (ACE) <sup>[9]</sup>

Το Attempto Controlled English (ACE), αποτελεί μια CNL, η οποία μπορεί να μεταφραστεί απευθείας σε κανόνες λογικής (First Order Logic). Το σύστημα που υποστηρίζει τη γλώσσα, διαθέτει δικό του reasoning engine, το RACE και δικό του εργαλείο αυτόματης μεταφοράς από κείμενο σε κανόνες λογικής, το APE (Attempto Parsing Engine).

Το ACE, δέχεται άπλες δηλωτικές προτάσεις, προτάσεις του τύπου if-then, προτάσεις προστακτικής και ερωτήσεις. Η σύνταξη των απλών προτάσεων, έχει την μορφή: subject + verb + complements + adjuncts, όπου: subject είναι το υποκείμενο, verb είναι το ρήμα, complements είναι τα άμεσα και έμμεσα αντικείμενα. Adjuncts είναι λέξεις που χρησιμοποιούνται για να προσθέσουν περισσότερο νόημα στην πρόταση (η χρήση τους, είναι προαιρετική). Οι προτάσεις μπορούν να γίνουν πιο σύνθετες, με την χρήση των συνδέσμων: and και or, καθώς και της άρνησης not.

Οι ερωτήσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα είναι της μορφής: yes/no και ερωτήσεις του τύπου: wh (who, where, what).

Το ACE, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές καταγραφής προδιαγραφών λογισμικού, για εφαρμογές λήψης αποφάσεων, οι οποίες αφορούν νομικά και ιατρικά θέματα, άλλα και για οντολογίες.

##### **Παραδείγματα προτάσεων:**

A customer uses a card that is valid and that is owned by the customer.

The customer has an account that is activated. The card belongs-to the account.

##### **Παράδειγμα if-then προτάσεων:**

If a card is valid then a customer inserts it.

#### 4.4.4 Computer Processable Language (CPL)<sup>[9][2]</sup>

Η CPL, έχει κατασκευαστεί από τα εργαστήρια έρευνας και τεχνολογίας της Boeing. Έχει ως σκοπό, τη δημιουργία κανόνων κοινής λογικής με την χρήση φυσική γλώσσας. Ο Βασικός τύπος δηλωτικής πρότασης της CPL έχει την δομή: subject + verb + complements + adjuncts. Ο χρήστης, μπορεί να χρησιμοποιήσει ουσιαστικά, επίθετα και ρήματα. Απαγορεύεται η χρήση αντωνυμιών. Οι βασικές προτάσεις, μπορούν να συνδυαστούν με την χρήση του συνδέσμου and. Οι βασικοί τύποι προτάσεων που μετατρέπονται σε κανόνες είναι οι ακόλουθες:

- If βασική πρόταση then βασική πρόταση.
- ABOUT noun : βασική πρόταση.
- BEFORE βασική πρόταση, (almost) always βασική πρόταση.
- AFTER βασική πρόταση, (almost) always βασική πρόταση.

Η γλώσσα υποστηρίζει ερωτήσεις του τύπου: wh(what,who).

Η γλώσσα έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία 1000 κανόνων κοινής λογικής.

#### **Παραδείγματα προτάσεων κανόνων:**

- “IF a person is carrying an entity that is inside a room THEN (almost) always the person is in the room.”
- “IF a person is picking an object up THEN (almost) always the person is holding the object.”
- “IF an entity is near a 2nd entity AND the 2nd entity contains a 3rd entity THEN usually the 1st entity is near the 3rd entity.”
- “ABOUT boxes: usually a box has a lid.”
- “BEFORE a person gives an object, (almost) always the person possesses the object.”

#### 4.5 CNL για Conditional phrases

Όπως παρατηρούμε στις CNL στις οποίες αναφερθήκαμε (ACE, CPL), υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής conditional προτάσεων με πρότυπο: If A then C. Οι προτάσεις σε αυτά τα συστήματα, εισάγονται ως κανόνες λογικής και δεν υπάρχει διαχωρισμός των προτάσεων σε τύπους όπως έχουμε αναφέρει εμείς στα διανοητικά μοντέλα.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια υλοποίησης των διανοητικών μοντέλων για τις conditional προτάσεις με τη χρήση επιχειρηματολογίας. Στο σύστημα το οποίο θα δημιουργηθεί, υπάρχει ανάγκη εισαγωγής conditional προτάσεων ως πρόσκαιρη γνώση αλλά και ως γενικότερη γνώση για το θέμα με το οποίο ασχολείται η πρόσκαιρη γνώση. Για τον σκοπό αυτό έχουμε αποφασίσει να ορίσουμε μία CNL, μέσω της οποίας οι χρήστες θα εισάγουν τις προτάσεις στο σύστημα.

Η CNL, η οποία θέλουμε να ετοιμάσουμε εμείς για το σύστημα μας, πρέπει να είναι κατανοητή για τους χρήστες του συστήματος και να τους υποβοηθά να εισάγουν προτάσεις στο σύστημα. Ταυτόχρονα πρέπει να μας βοηθά να εντοπίσουμε τον τύπο της πρότασης, την οποία εισήγαγε ο χρήστης, για να εντοπίσουμε ποιο είναι το πιθανό διανοητικό μοντέλο.

Επιπρόσθετα, οι δεσμευμένες λέξεις που θα έχει η CNL, θα πρέπει να κατευθύνουν το χρήστη στη δημιουργία του ανάλογου διανοητικού μοντέλου για κάθε τύπο πρότασης.



Ως γνωστόν, το γενικό πρότυπο για τις conditional προτάσεις είναι το: If A then C. Εμείς θα προσπαθήσουμε να βρούμε τις λέξεις-κλειδιά, με τις οποίες θα αλλάζουμε το γενικό πρότυπο ούτως ώστε να ταιριάζει το πρότυπο με το νόημα του κάθε τύπου conditional πρότασης.

Το γενικό πρότυπο: If A then C, μπορούμε να το διατηρήσουμε για την κατηγορία των Conditional προτάσεων, αφού εμπερικλείει πλήρως το νόημα των προτάσεων της κατηγορίας. Σε μερικές περιπτώσεις μπορούμε να προσθέσουμε μετά τη λέξη then, τη λέξη always, για να τονίσουμε ότι το αποτέλεσμα έρχεται πάντα ως συνέπεια της συνθήκης.

Οι Tautological προτάσεις, διαχωρίζονται από την κλασική conditional πρόταση, με την πρόσθεση της λέξης possibly και άλλων συνωνύμων λέξεων με αυτή, μετά τη λέξη then. Αφού με την εισαγωγή της λέξης possibly, δημιουργείται αμφιβολία στον άνθρωπο εάν πράγματι το αποτέλεσμα ισχύει και έτσι δημιουργούνται τα αντίστοιχα διανοητικά μοντέλα.

Οι Enabling προτάσεις, είναι οι προτάσεις όπου εξαιτίας της συνθήκης, είναι πιθανόν να ενεργοποιηθεί το αποτέλεσμα. Αλλά εάν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Εάν προσθέσουμε στην αρχή του προτύπου των conditional προτάσεων, τη λέξη only, τότε προστίθεται αυτή η σημασία στο πρότυπο. Το πρότυπο που εισηγούμαστε για τις Enabling προτάσεις είναι: Only if A then C. Μπορεί να προστεθεί μετά το then, η λέξη possibly ( Only if A then possibly C), ή κάποια συνώνυμη της. Οι λέξεις αυτής της οικογένειας, μπορεί να προστεθούν μετά το then, επειδή δεν είναι σίγουρο ότι ισχύει το αποτέλεσμα εάν ισχύσει η συνθήκη.

Το πρότυπο: Only if A then C, μπορεί όμως και από μόνο του να αποδώσει το νόημα της πρότασης, δηλαδή ότι η συνθήκη είναι αναγκαία για την ύπαρξη του αποτελέσματος.

Οι Disabling προτάσεις, είναι οι προτάσεις όπου εάν ισχύει η συνθήκη τότε το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει, αλλά εάν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα το αποτέλεσμα θα ισχύει. Προτείνουμε την αλλαγή του προτύπου σε: Even if A then may C, το οποίο θεωρούμε ότι εμπερικλείει το νόημα της πρότασης. Η λέξη Even, μας δηλώνει ότι ακόμα και αν ισχύει η συνθήκη, τότε πάλι μπορεί να συμβεί το αποτέλεσμα. Έτσι, μας κάνει να υποθέσουμε ότι αν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα θα ισχύει το αποτέλεσμα.

Στις Biconditional προτάσεις, όταν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα ισχύει το αποτέλεσμα. Όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Η εισήγηση μας, είναι η αλλαγή του προτύπου σε: If and Only if A then C. Με την προσθήκη τις φράσης: If and Only if, υποδηλώνεται το πλήρες νόημα των Biconditional προτάσεων. Η φράση "If and Only if", υποβοηθά τους ανθρώπους να σχηματίσουν το διανοητικό μοντέλο του συγκεκριμένου τύπου πρότασης. Αφού υποδηλώνει ότι, το αποτέλεσμα ισχύει σίγουρα, εάν ισχύει και η συνθήκη και η συνθήκη δεν μπορεί να ισχύει όταν δεν ισχύει το αποτέλεσμα.

Οι προτάσεις των οποίων το νόημα εξαρτάται από το θέμα(context) της πρότασης και από τις γενικότερες γνώσεις που έχει για το συγκεκριμένο θέμα ο άνθρωπος, δεν μπορούν να διαχωριστούν βάση της CNL από τις υπόλοιπες προτάσεις. Έτσι, για αυτές υιοθετούμε το πρότυπο της κλασικής Conditional πρότασης If A then C. Με την προσθήκη σε μερικές τις λέξης possibly

## Κεφάλαιο 5

### Υλοποίηση του συστήματος στον Γοργία

#### 5.1 Γενική περιγραφή του συστήματος

Σκοπός μας, είναι η δημιουργία ενός συστήματος το οποίο θα παίρνει ως είσοδο Conditional προτάσεις σε φυσική γλώσσα και να τις μεταφράζει αυτόματα σε επιχειρήματα στο σύστημα επιχειρηματολογίας του Γοργία.

Ακολούθως, ο χρήστης του συστήματος θα μπορεί να εισάγει ποιες από τις συνθήκες ισχύουν και να εκτελεί ερωτήματα στο σύστημα, για το αν ισχύει κάποιο συμπέρασμα.

Το σύστημα με τη χρήση επιχειρηματολογίας, θα απαντά στο χρήστη, εάν το αξίωμα του ερωτήματος ισχύει ή όχι. Το σύστημα μαζί με την απάντηση θα παρέχει και την ανάλογη δικαιολόγηση σε φυσική γλώσσα, για ποιο λόγο ισχύει ή όχι το συμπέρασμα. Επίσης, θα παρέχεται γραφική αναπαράσταση της δικαιολόγησης, η οποία θα παρουσιάζει τις επιθέσεις που έγιναν προς το αξίωμα, που αποδείχθηκε από τα αντεπιχειρήματα του και τον τρόπο που αμύνθηκε αυτό, έναντι των αντεπιχειρημάτων του.

Σε μερικές περιπτώσεις, όπου υπάρχουν αποδεκτά επιχειρήματα που στηρίζουν και τη θέση ότι ισχύει το επιχείρημα και ότι δεν ισχύει, το σύστημα θα απαντάει ότι το

αξίωμα μπορεί να ισχύει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα παρουσιάσει την επεξήγηση γιατί μπορεί να ισχύει το αξίωμα, αλλά και την επεξήγηση γιατί μπορεί να μην ισχύει.

Η μετατροπή των conditional προτάσεων σε επιχειρήματα του Γοργία, γίνεται με βάση τα διανοητικά μοντέλα, τα οποία μας παρέχουν οι γνωστικοί ψυχολόγοι. Τα διανοητικά μοντέλα πραγματεύονται, τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε οι άνθρωποι, όταν έχουμε μπροστά μας μια conditional πρόταση, η οποία ανήκει σε κάποιο συγκεκριμένο είδος conditional πρότασης. Εξαιτίας αυτού, αισιοδοξούμε ότι οι επεξηγήσεις που θα δίνουμε, θα γίνονται εύκολα κατανοητές από τους χρήστες του συστήματος, αφού οι αποφάσεις παίρνονται με πανομοιότυπο τρόπο με αυτόν που σκέφτεται και ο άνθρωπος.

## **5.2 Υλοποίηση των Conditional προτάσεων στον Γοργία**

### **5.2.1 Εισαγωγή**

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα αναφερθούμε στον τρόπο που υλοποιήσαμε τα διανοητικά μοντέλα των 9 τύπων Conditional προτάσεων στον Γοργία. Έχουμε υλοποιήσει τις προτάσεις των ακόλουθων κατηγοριών: Tautological interpretation, Conditional interpretation, Enabling interpretation, Disabling interpretation, Biconditional interpretation, Strengthened antecedent, Relevance interpretation, Tollens interpretation και Ponens interpretation. Όπως έχουμε προαναφέρει, οι προτάσεις της κατηγορίας Denial of the antecedent and affirmation of the consequent, εμπεριέχουν κάποιο είδος ειρωνείας και εξαρτώνται σε υπερβολικό βαθμό από την κοινή γνώση των συνομιλητών, έτσι δεν έχουμε ασχοληθεί με την υλοποίηση τους στο παρόν στάδιο.

Στην συνέχεια, θα ασχοληθούμε με τον τρόπο που έχουμε υλοποιήσει το κάθε είδος πρότασης στον Γοργία. Αρχικά, όμως θα μιλήσουμε για τα είδη των κανόνων που χρησιμοποιήσαμε για να υλοποιήσουμε τις προτάσεις.

### **5.2.2 Είδη κανόνων**

Για κάθε είδος πρότασης δημιουργήσαμε ένα ή περισσότερα είδη κανόνων, αναλόγως με το διανοητικό μοντέλο της πρότασης. Με τον όρο είδος κανόνα, εννοούμε τον διαφορετικό τύπο υπογραφής του κανόνα στον Γοργία. Η υπογραφή των κανόνων στον Γοργία, μας είναι πολύ χρήσιμη γιατί μέσω αυτής, διαχωρίζουμε τις προτάσεις σε είδη. Επομένως, μπορούμε να δώσουμε προτεραιότητα σε ένα είδος πρότασης έναντι κάποιου άλλου. Για τον τρόπο που δίνουμε προτεραιότητα σε ένα είδος κανόνα έναντι κάποιου άλλου, υποκαθιστώντας μέσω των προτεραιοτήτων την ισχύ των επιχειρημάτων, θα αναφερθούμε σε επόμενο υποκεφάλαιο.

### **5.3 Υποθετικοί κανόνες**

Για κάθε συνθήκη πρότασης εισάγουμε επιπρόσθετα και υποθετικούς κανόνες. Οι υποθετικοί κανόνες, αντιπροσωπεύουν τις υποθέσεις που κάνει ο άνθρωπος αν ισχύει μία συνθήκη ή όχι. Για κάθε μοναδική συνθήκη πρότασης εισάγονται δύο υποθετικοί κανόνες στο Γοργία. Ένας υποθετικός κανόνας που δηλώνει ότι η συνθήκη ισχύει και ένας υποθετικός κανόνας που δηλώνει ότι η συνθήκη δεν ισχύει. Δεν εισάγονται υποθετικοί κανόνες για τις συνθήκες οι οποίες έχουν δηλωθεί από το χρήστη ως γεγονότα.

Για παράδειγμα, για την πρόταση “If there are lights over there, then there may be a road”, εισάγονται οι ακόλουθοι δύο υποθετικοί κανόνες:

1. rule(r(hypothetical,there\_are\_lights\_over\_there), there\_are\_lights\_over\_there, []).
2. rule(r(hypothetical,neg(there\_are\_lights\_over\_there)),neg(there\_are\_lights\_over\_there), []).

Ο πρώτος υποθετικός κανόνας δηλώνει ότι η συνθήκη ‘there are lights over there’ πιθανόν να ισχύει. Ο δεύτερος υποθετικός κανόνας δηλώνει ότι η συνθήκη ‘there are lights over there’ πιθανόν να μην ισχύει. Εάν η συνθήκη ‘there are lights over there’, είχε δηλωθεί ως γεγονός από τον χρήστη, τότε δεν θα εισάγονταν οι δύο κανόνες. Αφού και οι άνθρωποι όταν γνωρίζουμε ότι μία συνθήκη ισχύει, δεν πρόκειται να αμφισβητήσουμε το ότι ισχύει.

Επιπρόσθετα, μπορούμε να υποθέσουμε εάν ισχύει κάποιο συμπέρασμα ή όχι μέσω των υποθετικών κανόνων. Αυτού του τύπου οι υποθέσεις, επηρεάζονται από τα διανοητικά μοντέλα του κάθε τύπου πρότασης και θα αναφερθούμε σε αυτές στη συνέχεια, όταν θα μιλήσουμε για τον τρόπο που έχουμε υλοποιήσει τις προτάσεις.

## 5.4 Υλοποίηση των Conditional προτάσεων στον Γοργία

### 5.4.1 Υλοποίηση Tautological interpretation

Οι Tautological προτάσεις έχουν το γενικό πρότυπο: If A then possibly C.

Στο διανοητικό μοντέλο αυτού του τύπου πρότασης, όλα τα σενάρια είναι πιθανά, αφού όταν ισχύει συνθήκη τότε πιθανόν να ισχύει το αποτέλεσμα (δηλαδή μπορεί να μην ισχύει το αποτέλεσμα.) Όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε το αποτέλεσμα πάλι μπορεί να ισχύει ή να μην ισχύει.

**Διανοητικά μοντέλα:**

1.  $a \supset c$
2.  $a \supset \neg c$
3.  $\neg a \supset c$
4.  $\neg a \supset \neg c$

Όπως διαφαίνεται και από τα διανοητικά μοντέλα, η αιτία που στο πρώτο διανοητικό μοντέλο μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα είναι η συνθήκη. Στα υπόλοιπα όμως σενάρια (2,3,4) το ότι το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει ή να μην ισχύει δεν έχει άμεση σχέση με τη συνθήκη. Έτσι, αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε το συγκεκριμένο τύπο πρότασης εισάγοντας ένα κανόνα για το πρώτο διανοητικό μοντέλο (1.  $a \supset c$ ). Τις υπόλοιπες περιπτώσεις τις καλύπτουμε με δύο υποθετικούς κανόνες. Στον πρώτο υποθετικό κανόνα, υποθέτουμε ότι το αποτέλεσμα ισχύει και στον δεύτερο υποθετικό κανόνα υποθέτουμε ότι το αποτέλεσμα δεν ισχύει.

**Παράδειγμα:**

If there are lights over there, then may there is a road over there.

**Διανοητικά μοντέλα:**

1. lights  $\supset$  road
2. lights  $\supset \neg$  road
3.  $\neg$  lights  $\supset$  road
4.  $\neg$  lights  $\supset \neg$  road

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, θα εισαχθούν ένας κανόνας τύπου Tautological και δύο υποθετικοί κανόνες για το συμπέρασμα.

### **Κανόνες Γοργία:**

1. rule(r(tautological,there\_is\_a\_road\_over\_there,there\_are\_lights\_over\_there), there\_is\_a\_road\_over\_there, [there\_are\_lights\_over\_there]).
2. rule(r(hypothetical,there\_is\_a\_road\_over\_there), there\_is\_a\_road\_over\_there, []).
3. rule(r(hypothetical,neg(there\_is\_a\_road\_over\_there)),neg(there\_is\_a\_road\_over\_there), []).

Ο tautological κανόνας υποδηλώνει το σενάριο όπου, ισχύει το αποτέλεσμα 'there is a road over there' εξαιτίας της συνθήκης 'there are lights over there' που ισχύει. Οι δύο υποθετικοί κανόνες υποδηλώνουν τις περιπτώσεις όπου, το αποτέλεσμα δεν ισχύει, ή ισχύει για κάποιο άλλο λόγο ανεξάρτητο της συνθήκης.

### **Προτεραιότητες κανόνων αναμεταξύ τους:**

Οι δύο υποθετικοί κανόνες, καθώς και ο tautological κανόνας, δεν έχουν προτεραιότητα ο ένας έναντι του άλλου, επειδή σύμφωνα με το διανοητικό μοντέλο, όλα τα σενάρια είναι το ίδιο πιθανά να συμβούν.

#### **5.4.2 Υλοποίηση Conditional interpretation**

Ο τύπος του conditional προτάσεων, έχει ως πρότυπο: If A then C. Όταν η συνθήκη ισχύει, τότε σίγουρα το αποτέλεσμα ισχύει. Όταν η συνθήκη όμως δεν ισχύει, τότε το αποτέλεσμα πιθανόν να ισχύει πιθανόν και να μην ισχύει (όμως αυτό δεν έχει σχέση με την συνθήκη).



**Διανοητικά μοντέλα:**

1.  $a \supset c$
2.  $\neg a \supset c$
3.  $\neg a \supset \neg c$

Τον συγκεκριμένο τύπο πρότασης, έχουμε αποφασίσει να τον υλοποιήσουμε με την εισαγωγή ενός κανόνα για το πρώτο διανοητικό μοντέλο ( $a \supset c$ ), όπου υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της συνθήκης και του αποτελέσματος. Τις περιπτώσεις των υπόλοιπων δύο διανοητικών μοντέλων, τις καλύπτουμε με την εισαγωγή δύο υποθετικών κανόνων για το αποτέλεσμα, αφού σε αυτές τις δύο περιπτώσεις το αν ισχύει ή όχι, το αποτέλεσμα είναι ανεξάρτητο του ότι δεν ισχύει η συνθήκη.

**Παράδειγμα:**

“If the patient has malaria, then she has a fever”

**Διανοητικά μοντέλα:**

1. malaria fever
2.  $\neg$  malaria fever
3.  $\neg$  malaria  $\neg$  fever

Στο παράδειγμα, εισάγουμε ένα κανόνα τύπου Conditional για το πρώτο διανοητικό μοντέλο και δύο υποθετικούς κανόνες, για το αν ισχύει ή όχι το αποτέλεσμα, με τους οποίους καλύπτουμε τα υπόλοιπα δύο διανοητικά μοντέλα.

### **Κανόνες Γοργία:**

1. rule(r(conditional,she\_has\_a\_fever,the\_patient\_has\_malaria),she\_has\_a\_fever, [the\_patient\_has\_malaria]).
2. rule(r(hypothetical,she\_has\_a\_fever), she\_has\_a\_fever, []).
3. rule(r(hypothetical,neg(she\_has\_a\_fever)),neg(she\_has\_a\_fever), []).

Ο πρώτος κανόνας τύπου Conditional, δηλώνει ότι η αιτία που ισχύει το αποτέλεσμα 'she\_has\_a\_fever' είναι η συνθήκη 'the patient has malaria'. Όταν όμως η συνθήκη δεν ισχύει, το αποτέλεσμα μπορεί να συμβεί εξαιτίας κάποιου άλλου λόγου ή να μην συμβεί. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, υποθέτουμε ότι μπορεί να έχει πυρετό από κάποιο άλλο λόγο, ή ότι μπορεί να μην έχει πυρετό μέσω των δύο υποθετικών κανόνων.

### **Προτεραιότητες κανόνων αναμεταξύ τους:**

Ο κανόνας τύπου Conditional έχει προτεραιότητα έναντι του υποθετικού κανόνα που έχει το αντίθετο αποτέλεσμα από αυτόν. Όταν ισχύει η συνθήκη, σύμφωνα με το διανοητικό μοντέλο, σίγουρα ισχύει και το αποτέλεσμα.

#### **5.4.3 Υλοποίηση Enabling interpretation**

Enabling είναι οι προτάσεις, όπου η συνθήκη είναι αναγκαία για να ισχύει το αποτέλεσμα. Εάν ισχύει η συνθήκη, μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα αλλά αν δεν ισχύει η συνθήκη τότε σίγουρα δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Υπενθυμίζουμε ότι το πρότυπο της πρότασης είναι: Only if A then maybe C.

### Διανοητικά μοντέλα:

1.  $a \supset c$
2.  $a \supset \neg c$
3.  $\neg a \supset c$

Εισηγούμεστε για το συγκεκριμένο τύπο πρότασης, την εισαγωγή ενός κανόνα τύπου `enablingneg`, για την τρίτη περίπτωση  $\neg a \supset c$  και δύο υποθετικών κανόνων για τις δύο πρώτες περιπτώσεις του διανοητικού μοντέλου (1,2). Ο κανόνας εισάγεται καθώς το ότι δεν ισχύει η συνθήκη, είναι η αιτία εξαιτίας της οποίας δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Οι υποθετικοί κανόνες εισάγονται, καθώς όταν η συνθήκη ισχύει, τότε το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει μπορεί και να μην ισχύει. Όμως και στις δύο περιπτώσεις, το αποτέλεσμα δεν το συμπεράνουμε εξαιτίας της συνθήκης.

### Παράδειγμα Πρότασης:

“If oxygen is present then there may be a fire.”

### Διανοητικά μοντέλα:

1. `oxygen is present` `be a fire`
2. `oxygen is present` `¬be a fire`
3. `¬oxygen is present` `¬be a fire`

Εισάγουμε ένα κανόνα τύπου `enablingneg` που καλύπτει το τρίτο διανοητικό μοντέλο.

Επίσης, δύο υποθετικούς κανόνες που καλύπτουν τις άλλες δύο περιπτώσεις.

### Κανόνες Γοργία:

1. `rule(r(enablingneg,neg(there_is_a_fire),neg(oxygen_is_present)),neg(there_is_a_fire),[neg(oxygen_is_present)])`.
2. `rule(r(hypothetical,there_is_a_fire), there_is_a_fire, [])`.

3. `rule(r(hypothetical,neg(there_is_a_fire)),neg(there_is_a_fire), [])`.

Ο πρώτος κανόνας (`enablingneg`), καλύπτει το τρίτο διανοητικό μοντέλο όπου δεν μπορεί να υπάρξει φωτιά, χωρίς να υπάρχει οξυγόνο. Οι άλλοι δύο κανόνες, οι υποθετικοί καλύπτουν τις περιπτώσεις που υπάρχει οξυγόνο, αλλά μπορεί να υπάρχει φωτιά μπορεί και να μην υπάρχει φωτιά (δεν είναι απαραίτητο όπου υπάρχει οξυγόνο, να υπάρχει και φωτιά).

### **Προτεραιότητες κανόνων αναμεταξύ τους**

Ο `enablingneg` σύμφωνα και με το διανοητικό μοντέλο πρέπει να είναι πιο ισχυρός από τον υποθετικό κανόνα που έχει το αντίθετο αποτέλεσμα από αυτόν. Αυτό συμβαίνει, επειδή όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα δεν μπορούμε να υποθέσουμε ότι ισχύει το αποτέλεσμα. Αφού η μόνη συνθήκη που ενεργοποιεί το αποτέλεσμα είναι αυτή και σύμφωνα με τα γεγονότα δεν ισχύει. Στο παράδειγμα στο οποίο έχουμε αναφερθεί, εάν κάποιος μας δώσει ως γεγονός ότι δεν υπάρχει οξυγόνο, τότε σίγουρα δεν θα υποθέσουμε ότι υπάρχει φωτιά, αυτή την σκέψη την δηλώνουμε μέσω αυτής της προτεραιότητας.

#### **5.4.4 Υλοποίηση Disabling interpretation**

Οι `Disabling` προτάσεις, είναι οι προτάσεις όπου όταν ισχύ η συνθήκη τότε το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει, ή μπορεί να μην ισχύει, αλλά όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε το αποτέλεσμα σίγουρα ισχύει. Το πρότυπο της πρότασης είναι: `Even if A then may C`.

### Διανοητικά μοντέλα:

1.  $a \supset c$
2.  $a \supset \neg c$
3.  $\neg a \supset c$

Το τρίτο διανοητικό μοντέλο είναι και το πιο σημαντικό, αφού αντικατοπτρίζει όλο το νόημα της πρότασης. Έτσι εισηγούμαστε για το τρίτο μοντέλο να εισαχθεί ένας ξεχωριστός κανόνας με ονομασία *Disabling* και για τις άλλες δύο περιπτώσεις να εισάγουμε δύο υποθετικούς κανόνες. Οι υποθετικοί κανόνες εισάγονται, αφού όταν ισχύει η συνθήκη δεν γνωρίζουμε εάν ισχύει το αποτέλεσμα ή όχι.

### Παράδειγμα Πρότασης:

“Even if the workers settle for lower wages then the company may still go bankrupt.”

1.  $\text{settle} \supset \text{bankrupt}$
2.  $\text{settle} \supset \neg \text{bankrupt}$
3.  $\neg \text{settle} \supset \text{bankrupt}$

Θα εισάγουμε ένα κανόνα *disabling*, ο οποίος καλύπτει την τρίτη περίπτωση διανοητικού μοντέλου και δυο υποθετικούς κανόνες, όπου το αποτέλεσμα στον πρώτο θα ισχύει και στον άλλον δεν θα ισχύει, καλύπτοντας έτσι την πρώτη και τη δεύτερη περίπτωση των διανοητικών μοντέλων.

### Κανόνες Γοργία:

1.  $\text{rule}(\text{r}(\text{disabling}, \text{the\_company\_go\_bankrupt}, \text{neg}(\text{the\_workers\_settle\_for\_lower\_wages})), \text{the\_company\_go\_bankrupt}, [\text{neg}(\text{the\_workers\_settle\_for\_lower\_wages})])$ .
2.  $\text{rule}(\text{r}(\text{hypothetical}, \text{the\_company\_go\_bankrupt}), \text{the\_company\_go\_bankrupt}, [])$ .

3.  $\text{rule}(\text{r}(\text{hypothetical}, \text{neg}(\text{the\_company\_go\_bankrupt})), \text{neg}(\text{the\_company\_go\_bankrupt}), [])$ .

Ο πρώτος κανόνας όπως μπορούμε να διακρίνουμε (ο disabling), εισάγεται ως κανόνας επειδή η αιτία που θα χρεοκοπήσει η εταιρεία είναι ότι οι εργαζόμενοι δεν έχουν δεχτεί τις μειώσεις μισθών. Οι δύο άλλες περιπτώσεις του διανοητικού μοντέλου, η πρώτη και η δεύτερη καλύπτονται με τους υποθετικούς κανόνες, καθώς ο λόγος για τον οποίον χρεοκόπησε ή δεν χρεοκόπησε η εταιρεία, δεν έχει άμεση σχέση με το ότι οι εργαζόμενοι έχουν δεχτεί τις μειώσεις στο μισθό τους. Δεν έχουν σχέση αιτίας συνέπειας.

#### 5.4.5 Υλοποίηση Biconditional interpretation

Οι Biconditional προτάσεις είναι οι προτάσεις όπου η συνθήκη είναι ικανή και αναγκαία για το αποτέλεσμα. Όπως έχουμε αναφέρει, χωρίς να ισχύει η συνθήκη δεν ισχύει το αποτέλεσμα και όταν δεν ισχύει το αποτέλεσμα, δεν μπορεί να ισχύει η συνθήκη. Το πρότυπο του συγκεκριμένου τύπου πρότασης είναι: If and only If A then C.

#### Διανοητικά μοντέλα:

1.  $a \leftrightarrow c$
2.  $\neg a \leftrightarrow \neg c$

Για το συγκεκριμένο τύπο προτάσεων εισηγούμαστε την εισαγωγή δύο κανόνων: έναν για το πρώτο διανοητικό μοντέλο  $a \leftrightarrow c$  και έναν για το δεύτερο  $\neg a \leftrightarrow \neg c$ . Οι δύο κανόνες θα έχουν το όνομα biconditional. Η υπογραφή των κανόνων διαφοροποιείται, επειδή εντός της υπογραφής θα αναφέρεται ότι δεν ισχύει συνθήκη και το αποτέλεσμα στον έναν, ενώ στον άλλον θα αναφέρονται ότι ισχύουν.

### Παράδειγμα Πρότασης:

“If and only if the butter is heated, then the butter will melt.”

### Διανοητικά μοντέλα:

1. butter heated   butter will melt.
2.  $\neg$  butter heated    $\neg$  butter will melt.

### Κανόνες Γοργία:

1.  $\text{rule}(\text{r}(\text{biconditional}, \text{the\_butter\_will\_melt}, \text{the\_butter\_is\_heated}), \text{the\_butter\_will\_melt}, [\text{the\_butter\_is\_heated}])$ .
2.  $\text{rule}(\text{r}(\text{biconditional}, \text{neg}(\text{the\_butter\_will\_melt}), \text{neg}(\text{the\_butter\_is\_heated})), \text{neg}(\text{the\_butter\_will\_melt}), [\text{neg}(\text{the\_butter\_is\_heated})])$ .

Ο πρώτος κανόνας καλύπτει το πρώτο διανοητικό μοντέλο, όπου το αποτέλεσμα (the butter will melt) είναι άμεση συνέπεια της συνθήκης (the butter is heated).

Ο δεύτερος κανόνας καλύπτει το δεύτερο διανοητικό μοντέλο, όπου επειδή δεν ισχύει η συνθήκη (the butter is heated), δεν μπορεί να ισχύει ούτε το αποτέλεσμα (the butter will melt).

### Προτεραιότητες κανόνων αναμεταξύ τους

Δεν υπάρχουν προτεραιότητες μεταξύ των δύο κανόνων. Καθώς θεωρούνται και η δυο το ίδιο ισχυροί.

#### 5.4.6 Υλοποίηση Strengthened antecedent interpretation

Οι Προτάσεις του τύπου Strengthened antecedent, βασίζονται πάρα πολύ στο θέμα και στη γενική γνώση που έχουμε για το θέμα. Η συνθήκη ισχύει σίγουρα και το αποτέλεσμα είναι επακόλουθο της συνθήκης που σχετίζεται σημασιολογικά με τη συνθήκη και μπορεί να ισχύει μπορεί ή να μην ισχύει.

##### Διανοητικά μοντέλα:

1.  $a \supset c$
2.  $a \supset \neg c$

Για τον συγκεκριμένο τύπο πρότασης, θα πρέπει να εισαχθεί πρώτα η γενική γνώση ότι σίγουρα ισχύει η συνθήκη, ως κανόνας τύπου background knowledge. Ακόμα, εισηγούμαστε την εισαγωγή ενός κανόνα τύπου Strengthened antecedent, με τον οποίο θα καλύψουμε την πρώτη περίπτωση των διανοητικών μοντέλων και ενός υποθετικού κανόνα ο οποίος έχει ως συμπέρασμα ότι δεν ισχύει το αποτέλεσμα για να καλύψουμε τη δεύτερη περίπτωση.

##### Παράδειγμα πρότασης:

‘If there is gravity (which there is) then your apples may fall tomorrow.’

##### Διανοητικά μοντέλα:

1. there is gravity  $\supset$  apples fall tomorrow
2. there is gravity  $\supset \neg$  apples fall tomorrow



### **Κανόνες Γοργία:**

1.  $\text{rule}(\text{rBackground\_Knowledge}(\text{there\_is\_gravity}), \text{there\_is\_gravity}, [])$ .
2.  $\text{rule}(\text{r}(\text{strengthened\_antecedent}, \text{your\_apples\_fall\_tomorrow}, \text{there\_is\_gravity}), \text{your\_apples\_fall\_tomorrow}, [\text{there\_is\_gravity}])$ .
3.  $\text{rule}(\text{r}(\text{hypothetical}, \text{neg}(\text{your\_apples\_fall\_tomorrow})), \text{neg}(\text{your\_apples\_fall\_tomorrow}), [])$ .

Ο πρώτος κανόνας τύπου Background Knowledge, εισάγει στο σύστημα τη γενική γνώση ότι υπάρχει βαρύτητα, *there is gravity*. Ο δεύτερος κανόνας τύπου *strengthened antecedent*, αναφέρει ότι μπορεί να πέσει χάμω το μήλο εξαιτίας της βαρύτητας. Ο τρίτος κανόνας, ο υποθετικός αναφέρει ότι το μήλο μπορεί να μην πέσει χάμω για κάποιο άλλο λόγο ,

#### **5.4.7 Υλοποίηση Relevance interpretation**

Στο Relevance interpretation γνωρίζουμε εκ των προτέρων από την κοινή γνώση η οποία αφορά το θέμα, ότι το αποτέλεσμα ισχύει ανεξαρτήτως της συνθήκης.

#### **Διανοητικά μοντέλα:**

1.  $a \supset c$
2.  $\neg a \supset c$

Το αποτέλεσμα ισχύει, εξαιτίας της κοινής γνώσης και όχι εξαιτίας της συνθήκης, όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω, για αυτό εισηγούμαστε την εισαγωγή μόνο ενός κανόνα τύπου Background Knowledge, χωρίς την εισαγωγή οποιουδήποτε άλλου κανόνα.

### **Παράδειγμα:**

“If you are interested in Vertigo, then it is on TV tonight.”

### **Διανοητικά μοντέλα:**

1. interested on TV
2.  $\neg$  interested on TV

### **Κανόνες Γοργία:**

1. `rule(rBackground_Knowledge(vertigo_it_is_on_tv_tonight),vertigo_it_is_on_tv_tonight, []).`

Ο Background Knowledge, καλύπτει και τα δύο διανοητικά μοντέλα, καθώς όπως έχουμε εξηγήσει, το αποτέλεσμα είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός το οποίο προκύπτει από την κοινή γνώση.

### **5.4.8 Υλοποίηση Tollens interpretation**

Οι προτάσεις της κατηγορίας Tollens, όπως έχουμε προαναφέρει εξαρτώνται και αυτές από την κοινή γνώση που έχουμε γύρω από το θέμα. Το αποτέλεσμα είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι δεν ισχύει σύμφωνα με την κοινή γνώση, έτσι αναγνωρίζουμε ότι δεν ισχύει ούτε η συνθήκη.

### **Διανοητικό μοντέλο:**

$\neg a \neg c$

Το ότι το αποτέλεσμα δεν ισχύει είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός μέσα από την κοινή γνώση. Άρα εισηγούμαστε την εισαγωγή μόνο του κανόνα της κοινής γνώσης, ότι δεν ισχύει το αποτέλεσμα.

**Παράδειγμα:**

“If that experiment works, then I’ll eat my hat.”

**Διανοητικό μοντέλο:**

$\neg$  works  $\neg$  eat hat

**Κανόνες Γοργία:**

1) rule(rBackground\_Knowledge(neg(i\_will\_eat\_my\_hat)),neg(i\_will\_eat\_my\_hat), []).

Ο κανόνας που έχει εισαχθεί μέσω της κοινής γνώσης καλύπτει το διανοητικό μοντέλο.

**5.4.9 Υλοποίηση Ponens interpretation**

Σε αυτό το είδος πρότασης, τα διανοητικά μοντέλα εξαρτώνται από την κοινή γνώση που υπάρχει γύρω από το θέμα της πρότασης. Γνωρίζουμε εκ των πρότερων από την κοινή γνώση ότι η συνθήκη ισχύει σίγουρα και έτσι έχει ως επακόλουθο το ότι ισχύει και το αποτέλεσμα.

**Διανοητικό μοντέλο:**

a c

Για το συγκεκριμένο τύπου πρότασης εισηγούμαστε την εισαγωγή ενός κανόνα background knowledge, ο οποίος θα αναφέρει ότι ισχύει η συνθήκη και ένα καινούριο κανόνα τύπου  $\text{Ropens } a \text{ c}$ , ο οποίος θα αναφέρει ότι εξαιτίας της συνθήκης ισχύει το αποτέλεσμα, αναπαριστώντας το διανοητικό μοντέλο.

### **Παράδειγμα:**

“If my name’s Alex, which it is, then Viv is engaged.”

### **Διανοητικό μοντέλο:**

my name’s Alex   Viv engaged

### **Κανόνες Γοργία:**

1.  $\text{rule}(\text{rBackground\_Knowledge}(\text{my\_name\_is\_alex}), \text{my\_name\_is\_alex}, [])$ .
2.  $\text{rule}(\text{r}(\text{pones}, \text{viv\_is\_engaged}, \text{my\_name\_is\_alex}), \text{viv\_is\_engaged}, [\text{my\_name\_is\_alex}])$ .

Ο πρώτος κανόνας ο Background Knowledge εισάγει στο σύστημα την κοινή γνώση που έχουν οι συνομιλητές ‘my\_name\_is\_alex’.

Ο δεύτερος κανόνας  $\text{Ropens}$ , υλοποιεί το νόημα του διανοητικού μοντέλου, όπου επειδή υπάρχει βεβαιότητα ότι ισχύει η συνθήκη ‘my\_name\_is\_alex’, είμαστε σίγουροι ότι ισχύει και το αποτέλεσμα ‘viv is engaged’.

## 5.5 Γεγονότα (Facts)

Τα γεγονότα εισάγονται από το χρήστη στο σύστημα. Ουσιαστικά αφορούν τις συνθήκες των προτάσεων που έχει εισάγει ο χρήστης στο σύστημα. Μία συνθήκη μπορεί να εισαχθεί ως γεγονός το οποίο ισχύει, ή ως γεγονός το οποίο δεν ισχύει. Μέσω των γεγονότων, εισάγεται στο σύστημα η κατάσταση που επικρατεί στον κόσμο, σχετικά με τις συνθήκες των προτάσεων. Ουσιαστικά μέσω των γεγονότων φτιάχνουμε σενάρια για την ιστορία που έχουμε εισάγει στο σύστημα ως γνώση και με την επερώτηση προσπαθούμε να μάθουμε εάν ισχύει κάποιο αξίωμα κάποιου κανόνα.

Τα γεγονότα εισάγονται στον Γοργία υπό την ακόλουθη μορφή:

```
rule(fact(there_are_lights_over_there,0),there_are_lights_over_there,[]).
```

## 5.6 Background Knowledge

Η κοινή γνώση γύρω από ένα συγκεκριμένο θέμα, αποτελεί παράγοντα ο οποίος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο που σκεφτόμαστε οι άνθρωποι. Όπως έχουμε προαναφέρει, η κατανόηση αρκετών conditional προτάσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κοινή γνώση. Στο σύστημά μας η κοινή γνώση εισάγεται από τον χρήστη στην CNL που έχουμε ορίσει. Γίνονται αποδεκτά γεγονότα υπό τη μορφή προτάσεων σε φυσική γλώσσα και conditional προτάσεις στην CNL. Όταν αναφέρουμε ότι γίνονται αποδεκτά γεγονότα ως κοινή γνώση, εννοούμε αδιαμφισβήτητα γεγονότα τα οποία οι άνθρωποι γνωρίζουμε ότι ισχύουν σίγουρα και τα οποία αφορούν κάποιο συγκεκριμένο θέμα. Για παράδειγμα, το ότι υπάρχει βαρύτητα στη γη είναι ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός, το ότι ένας ποδοσφαιρικός αγώνας θα παιχτεί σε μία συγκεκριμένη ώρα, είναι και αυτό ένα αδιαμφισβήτητο

γεγονός για μία ιστορία που αφορά τον συγκεκριμένο αγώνα. Αυτά τα γεγονότα τα οποία αποτελούν κοινή γνώση, τα χρησιμοποιούμε όπως έχουμε προαναφέρει για την υλοποίηση στον Γοργία των conditional προτάσεων των οποίων το νόημα εξαρτάται από την κοινή γνώση.

Τα γεγονότα που αποτελούν την κοινή γνώση εισάγονται στον Γοργία υπό τη μορφή κανόνων του τύπου Background Knowledge, οι οποίοι έχουν τη μορφή που ακολουθεί:

`rule(rBackground_Knowledge(A),A, []).`

Οι conditional προτάσεις που δεχόμαστε στο σύστημα ως κοινή γνώση, αφορούν γενικές γνώσεις που έχουμε γύρω από κάποιο θέμα οι οποίες είναι conditional. Δηλαδή, στη γενική περίπτωση, ισχύει κάτι το οποίο φέρνει ως αποτέλεσμα κάτι άλλο. Οι συγκεκριμένες προτάσεις μπορούν να αφορούν οποιαδήποτε κατηγορία conditional προτάσεων από τις εννέα που έχουμε υλοποιήσει.

Τις προτάσεις αυτές τις χρησιμοποιούμε στο σύστημά μας, για να παίρνει το σύστημα αποφάσεις οι οποίες θα είναι πιο λογικές για τον άνθρωπο. Μία τέτοια πρόταση, όταν γράφουμε μία ιστορία που αφορά πονόδοντο είναι η ακόλουθη: 'Only if the dentist has an appointment available then maybe I will go to the dentist'. Εάν εμείς οι άνθρωποι κληθούμε να αποφασίσουμε αν κάποιος θα πάει στον οδοντίατρο στην βάση κάποιας ιστορίας, θα σκεφτούμε αυτόματα ότι για να πάει κάποιος στον οδοντίατρο πρέπει ο οδοντίατρος να έχει διαθέσιμη επίσκεψη. Το σύστημα όμως χωρίς να εισάγουμε εμείς την κοινή γνώση, δεν είναι σε θέση να το γνωρίζει, για

αυτό εισάγουμε τη συγκεκριμένη πρόταση στο σύστημα ως κοινή γνώση, για να κάνουμε το σύστημα να δίνει απαντήσεις που θα βρίσκονται κοντά στον τρόπο σκέψης των ανθρώπων.

### **5.7 Προτεραιότητα μεταξύ των κανόνων διαφορετικών τύπων προτάσεων**

Οι προτεραιότητες μεταξύ των κανόνων στον Γοργία χρησιμοποιούνται για να φανερώσουν την ισχύ ενός κανόνα έναντι κάποιου άλλου. Έχοντας κατά νου, ότι οι κανόνες στον Γοργία είναι σχήματα επιχειρηματολογίας τα οποία στηρίζουν ένα συγκεκριμένο επιχείρημα, ουσιαστικά μέσω της προτεραιότητας μεταξύ τους, δείχνουμε ότι το ένα επιχείρημα είναι πιο ισχυρό έναντι του άλλου.

Στην παρούσα μελέτη η ισχύς των κανόνων ενός είδους πρότασης έναντι των κανόνων των υπολοίπων ειδών των προτάσεων, αποφασίστηκε μελετώντας τα διανοητικά μοντέλα των προτάσεων. Όταν για παράδειγμα, το αποτέλεσμα ισχύει σίγουρα όταν ισχύει η συνθήκη, ο κανόνας αυτής της πρότασης θα έχει προτεραιότητα, έναντι του κανόνα μιας πρότασης η οποία από το διανοητικό μοντέλο καταλαβαίνουμε ότι το αποτέλεσμα είναι πιθανόν να ισχύει εξαιτίας της συνθήκης αλλά μπορεί και να μην ισχύει όταν ισχύει η συνθήκη, πχ. (conditional vs tautological).

Έχουμε ήδη αναφέρει όταν μιλήσαμε για τον τρόπο υλοποίησης των προτάσεων στο Γοργία, για την προτεραιότητα που παίρνουν οι κανόνες κάποιων προτάσεων, έναντι των υποθετικών κανόνων που έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα από τα αποτελέσματα των προτάσεων. Αυτό ισχύει επειδή, όταν υπάρχουν γεγονότα που στηρίζουν κάποιο συγκεκριμένο επιχείρημα, δεν πρόκειται να υποθέσουμε ότι το αποτέλεσμα μπορεί

να μην ισχύει γενικά για κάποιον άλλο λόγο, αφού έχουμε κάποιο γεγονός το οποίο έχει ως άμεση συνέπεια το αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε ξεχωριστά, στην προτεραιότητα κάθε είδους πρότασης έναντι των υπολοίπων.

### **5.7.1 Tautological interpretation**

Στο συγκεκριμένο είδος πρότασης σύμφωνα με τα διανοητικά μοντέλα, όλα τα σενάρια είναι πιθανά. Όταν ισχύει το αποτέλεσμα, τότε αυτό μπορεί να προκλήθηκε από την συνθήκη. Όμως, το αποτέλεσμα μπορεί να ισχύει και χωρίς να ισχύει η συνθήκη. Επίσης, μπορεί να μην ισχύει ενώ ισχύει η συνθήκη. Συμπεραίνουμε ότι η σχέση της συνθήκης με το αποτέλεσμα, είναι πιο αδύναμη σε σχέση με τις άλλες προτάσεις. Έτσι, οι προτάσεις του τύπου Tautological, δεν παίρνουν προτεραιότητα, σε σχέση με τις υπόλοιπες προτάσεις. Θεωρούνται οι πιο αδύναμες από όλους τους τύπους προτάσεων.

### **5.7.2 Conditional interpretation**

Στο Conditional interpretation, η συνθήκη έχει ως άμεση και σίγουρη συνέπεια το αποτέλεσμα. Για το συγκεκριμένο διανοητικό μοντέλο  $a \rightarrow c$ , έχουμε εισάγει στον Γοργία ένα κανόνα τύπου Conditional. Έχουμε αποφασίσει να δώσουμε προτεραιότητα σε αυτό τον κανόνα, έναντι των κανόνων τύπου Tautological, αλλά και των υποθετικών κανόνων των οποίων τα αποτελέσματα συγκρούονται με τα αποτελέσματα του conditional κανόνα.



### **Παράδειγμα:**

Θέμα: Swimming

If I am not tired then I will swim.

If the sea is crowded then possibly I will not swim.

Ας υποθέσουμε ότι στο συγκεκριμένο παράδειγμα ισχύουν και οι δύο συνθήκες: 'I am not tired' και 'the sea is crowded', και πρέπει να αποφασίσουμε εάν ισχύει το συμπέρασμα: 'I will swim'.

Η πρώτη πρόταση είναι η κλασική Conditional πρόταση όπου ισχύει η συνθήκη, επομένως, σίγουρα ισχύει το αποτέλεσμα. Η δεύτερη πρόταση είναι Tautological και υπάρχει πιθανότητα να ισχύει το αποτέλεσμα εξαιτίας της συνθήκης. Εντούτοις, υπάρχει πιθανότητα να μην ισχύει το αποτέλεσμα ενώ ισχύει η συνθήκη.

Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, το συμπέρασμα της Conditional πρότασης: ότι ο άνθρωπος θα πάει για κολύμπι: 'I will swim', ισχύει σίγουρα επειδή ισχύει η συνθήκη που το υποστηρίζει. Ενώ στην tautological πρόταση δεν ισχύει αυτό. Γι' αυτό τον λόγο, δίνουμε προτεραιότητα στις Conditional προτάσεις έναντι των Tautological.

#### **5.7.3 Enabling interpretation**

Στο Enabling interpretation όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε είναι βέβαιο ότι δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Χωρίς να ισχύει η συνθήκη της πρότασης, δεν μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα.

Η συγκεκριμένη ιδιότητα αναφέρεται στο τρίτο διανοητικό μοντέλο  $\neg a \neg c$  του Enabling interpretation για το οποίο ορίσαμε τον κανόνα τύπου enablingneg στον Γοργία. Αφού σύμφωνα με το συγκεκριμένο διανοητικό μοντέλο η ύπαρξη της συνθήκης είναι απαραίτητη για την ύπαρξη του αποτελέσματος, έχουμε αποφασίσει να δώσουμε προτεραιότητα στον συγκεκριμένο τύπο κανόνα, έναντι των ακολούθων τύπων προτάσεων Tautological, conditional και των υποθετικών κανόνων των οποίων το αποτέλεσμα συγκρούεται με το αποτέλεσμα του κανόνα enablingneg.

Στις τύπου Tautological προτάσεις, όλα τα σενάρια είναι πιθανά στο διανοητικό μοντέλο. Άρα η σχέση αιτίας – αποτελέσματος, είναι περισσότερο ανίσχυρη από τη σχέση αναγκαιότητας, που έχει η αιτία με το αποτέλεσμα στο Enabling. Έτσι, στο enablingneg δίδεται προτεραιότητα έναντι του Tautological.

Στις Conditional προτάσεις, η σχέση αιτίας - αποτελέσματος είναι ισχυρή. Εντούτοις, παρατηρούμε ότι η σχέση αναγκαιότητας, που υπάρχει μεταξύ της συνθήκης και του αποτελέσματος στην enabling, είναι περισσότερο ισχυρή. Στις enabling προτάσεις, χωρίς την ύπαρξη της συνθήκης δεν μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα. Ενώ στις conditional προτάσεις, το αποτέλεσμα, αν δεν ισχύει η συνθήκη, μπορεί να ισχύει για κάποιο άλλο λόγο. Εξαιτίας αυτού, αποφασίσαμε να δώσουμε προτεραιότητα στον enablingneg έναντι του conditional κανόνα.

### **Παράδειγμα:**

Θέμα: Swimming

If I am not tired then I will swim.

If the sea is crowded then possibly I will not swim.

Only if the sea is calm then I will swim.

Έστω στο συγκεκριμένο παράδειγμα ότι ισχύουν οι συνθήκες της πρώτης (I am not tired) και της δεύτερης πρότασης (the sea is crowded) και ότι δεν ισχύει η συνθήκη της τρίτης πρότασης ('the sea is not calm').

Όπως εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε, το ότι δεν ισχύει η συνθήκη της τρίτης πρότασης, μας οδηγεί απευθείας στο συμπέρασμα, ότι το αποτέλεσμα: I will swim δεν ισχύει. Το ότι η θάλασσα δεν είναι ήρεμη, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν θα κολυμπήσει, ανεξάρτητα του ότι δεν είναι κουρασμένος. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η Enabling πρόταση υπερισχύει της conditional πρότασης.

#### **5.7.4 Disabling interpretation**

Στο τρίτο διανοητικό μοντέλο της Disabling  $\neg a \supset c$  έχουμε ότι: όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα το αποτέλεσμα είναι αναπόφευκτο. Όταν ισχύει συνθήκη, τότε μπορεί να ισχύει το αποτέλεσμα, μπορεί και να μην ισχύει. Για το τρίτο διανοητικό μοντέλο το οποίο θεωρούμε ότι εμπερικλείει το νόημα της πρότασης, εισάγαμε στον Γοργία ένα ξεχωριστό κανόνα τον Disabling. Σε αυτόν τον κανόνα, δώσαμε προτεραιότητα έναντι των Tautological και των υποθετικών κανόνων που έχουν αντίθετο αποτέλεσμα με το συμπέρασμα που έχει ο Disabling κανόνας.

#### **Παράδειγμα:**

Θέμα: Company bankrupt

“Even if the workers settle for lower wages then the company may still go bankrupt.”

“If the company gets a loan then possibly the company will not go bankrupt.”

Έστω ότι δεν ισχύει συνθήκη της πρώτης πρότασης: ‘the workers settle for lower wages’ και ισχύει συνθήκη της δεύτερης πρότασης: ‘the company gets a loan’. Καλούμαστε να αποφασίσουμε εάν ισχύει το συμπέρασμα: ‘the company will go bankrupt’.

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε, η δεύτερη Tautological πρόταση, αναφέρει ότι πιθανόν η εταιρεία να μην χρεοκοπήσει επειδή έχει πάρει δάνειο, αλλά αφήνει την πιθανότητα της χρεωκοπίας ανοιχτή. Έτσι, μέσω της πρώτης πρότασης οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, ότι η εταιρεία θα χρεοκοπήσει επειδή οι εργαζόμενοι δεν δέχτηκαν τη μείωση μισθών.

#### **5.7.5 Biconditional interpretation**

Στο Biconditional interpretation, υπάρχει ίσως ο πιο ισχυρός δεσμός μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος. Όταν η συνθήκη ισχύει, τότε σίγουρα ισχύει και το αποτέλεσμα. Όταν δεν ισχύει η συνθήκη, τότε σίγουρα δεν ισχύει το αποτέλεσμα. Αυτός ο ισχυρός δεσμός μεταξύ συνθήκης και αποτελέσματος, μας οδήγησε στο να δώσουμε στους δύο κανόνες αυτής της κατηγορίας προτεραιότητα, έναντι όλων των άλλων κανόνων που προέρχονται από τις υπόλοιπες προτάσεις και έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα με αυτούς.

**Παράδειγμα:**

**Θέμα:** Toothache

“Only if the dentist has an appointment available then maybe I will go to the dentist.”

“If and only if i have a very bad and persistent toothache then I will go to the dentist.

”

Έστω ότι δεν ισχύει η συνθήκη της πρώτης πρότασης της Enabling: ‘the dentist has not an appointment available’ και ισχύει η συνθήκη της δεύτερης πρότασης: ‘the toothache is very persistent’.

Η φράση: ‘If and only if ’, υποδηλώνει ότι η μόνη περίπτωση να πάει στον οδοντίατρο, είναι η περίπτωση να έχει ένα σοβαρό και επίπονο πονόδοντο διαρκείας. Η ύπαρξη αυτής της συνθήκης, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι: θα πάει στον οδοντίατρο ‘i will go to the dentist’. Το γεγονός ότι ο/η οδοντίατρος δεν έχει ραντεβού (πρώτη πρόταση enabling), δεν μας αποτρέπει από το να σκεφτούμε ότι θα πάει στον οδοντίατρο γιατί σκεφτόμαστε ότι θα βρει λίγο χρόνο να τον φροντίσει, εφόσον είναι επείγον περιστατικό.

#### **5.7.6 Strengthened antecedent interpretation**

Οι προτάσεις αυτού του τύπου, εξαρτώνται από την κοινή γνώση που έχουμε γύρω από το θέμα. Η συνθήκη ισχύει σίγουρα, σύμφωνα με την κοινή γνώση. Το αποτέλεσμα είναι μία συνέπεια σχετική πολλές φορές και σημασιολογικά με την συνθήκη, η οποία μπορεί να ισχύει, ή να μην ισχύει. Εξαιτίας αυτού, δεν έχουμε δώσει προτεραιότητα στις προτάσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας έναντι των υπολοίπων.

### **5.7.7 Relevance interpretation και Tollens interpretation**

Οι προτάσεις των συγκεκριμένων τύπων, εξαρτώνται απολύτως από την κοινή γνώση γύρω από το θέμα. Στο Relevance interpretation, γνωρίζουμε από την κοινή γνώση που έχουμε για το θέμα, ότι το αποτέλεσμα ισχύει ανεξαρτήτως της συνθήκης. Στο Tollens interpretation, γνωρίζουμε από την κοινή γνώση ότι το αποτέλεσμα δεν ισχύει. Επειδή οι κανόνες των συγκεκριμένων τύπων προέρχονται μόνο από την κοινή γνώση, δεν τους έχουμε εμπλέξει στις προτεραιότητες.

### **5.7.8 Ponens interpretation**

Στο συγκεκριμένο είδος κανόνα, γνωρίζουμε ότι το αποτέλεσμα σίγουρα ισχύει, επειδή η συνθήκη ισχύει σίγουρα. Το ότι ισχύει η συνθήκη, το γνωρίζουν μέσω της κοινής γνώσης που έχουμε για το θέμα. Έτσι, αποφασίσαμε να δώσουμε προτεραιότητα στους κανόνες της συγκεκριμένης κατηγορίας, έναντι όλων των υπολοίπων κανόνων οι οποίοι έχουν αντίθετο αποτέλεσμα από αυτούς. Οι μονοί κανόνες για τους οποίους δεν παίρνουν προτεραιότητα οι Ponens κανόνες έναντι τους, είναι οι Biconditional κανόνες, καθώς θεωρούνται ισοδύναμοι. Αυτό συμβαίνει διότι, και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει μία ισχυρή σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος.

### **5.8 Contextual priorities**

Με τον όρο contextual priorities, εννοούμε ότι οι προτεραιότητες μεταξύ των διαφορετικών τύπων προτάσεων σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να επηρεάζονται και να αλλάζουν αναλόγως του νοήματος των προτάσεων. Δηλαδή οι προτεραιότητες μπορούν να αλλάξουν, αναλόγως του θέματος και της κοινής γνώσης που έχουμε για το θέμα των προτάσεων.

Η πλειοψηφία των προτεραιοτήτων που έχουμε ορίσει μέχρι τώρα, έχουμε την ισχυρή πεποίθηση ότι δεν αφορούν Contextual priorities. Οι προτεραιότητες που παίρνουν οι κανόνες, έναντι των Tautological σε μεγάλο βαθμό, δεν εξαρτώνται από το θέμα. Αυτό συμβαίνει επειδή στο Tautological, όλα τα σενάρια είναι δυνατά στα διανοητικά μοντέλα. Επιπρόσθετα, η προτεραιότητα που παίρνουν οι κανόνες έναντι των υποθετικών κανόνων που έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα από αυτούς, επίσης δεν εξαρτάται από το θέμα.

Έχοντας μελετήσει την προτεραιότητα που παίρνουν οι Biconditional κανόνες, οι οποίοι είναι περισσότερο ισχυροί έναντι των υπολοίπων, αντιληφθήκαμε ότι ίσως μερικές φορές η προτεραιότητα αυτή σχετίζεται με το θέμα. Η εξάρτηση μεταξύ θέματος και προτεραιότητας, αυξάνεται όταν η πρόταση η οποία έχει το αντίθετο αποτέλεσμα από τον Biconditional κανόνα είναι και αυτή ισχυρή. Ο κανόνας  $\text{Enablingneg } \neg a \rightarrow c$ , όπου για να ενεργοποιηθεί το αποτέλεσμα πρέπει απαραίτητα να ισχύει η συνθήκη, είναι και αυτός ένας ισχυρός κανόνας. Εάν το αποτέλεσμα αυτού του κανόνα συγκρούεται με τα αποτελέσματα ενός Biconditional κανόνα, τότε για να εξάγουμε το συμπέρασμα, χρησιμοποιούμε μερικές φορές την κοινή γνώση που έχουμε για το θέμα των προτάσεων.

### **Παράδειγμα:**

“Only if the dentist has an appointment available then maybe I will go to the dentist.”

“If and only if i have a very bad and persistent toothache then I will go to the dentist.”

Το συμπέρασμα που βγάζουμε με τις δύο αυτές προτάσεις είναι ότι: ακόμα και αν δεν υπάρχει ραντεβού διαθέσιμο, επειδή η κατάσταση είναι πολύ επείγουσα ο άνθρωπος

θα πάει στον οδοντίατρο, ο οποίος λόγω της σοβαρότητας της κατάστασης θα βρει λίγο χρόνο.

Εάν όμως, προστεθεί και μία τρίτη Enabling πρόταση: ‘ Only if the dentist is in town maybe I will go to the dentist’ και γνωρίζουμε ότι ο οδοντίατρος βρίσκεται εκτός πόλης ‘the dentist is not in town’ (άρα ισχύει η συνθήκη της). Τότε, θα κρίνουμε ότι δεν μπορεί να πάει στον οδοντίατρο ακόμα και αν είναι πολύ επείγουσα η κατάσταση.

Στο πρώτο παράδειγμα, κρίνουμε βάσει των δεδομένων και της κοινής γνώσης ότι η Biconditional πρόταση πρέπει να έχει προτεραιότητα έναντι της Enabling. Στο δεύτερο παράδειγμα, κρίνουμε το αντίθετο: δηλαδή ότι η Enabling πρόταση πρέπει να έχει προτεραιότητα έναντι της Biconditional. Αυτό συμβαίνει, επειδή με την εισαγωγή της καινούργιας πρότασης αλλάζει το νόημα της ιστορίας.

### **5.9 Explanatory mode**

Στο Explanatory mode γνωρίζουμε εκ των προτέρων εάν ισχύει το αποτέλεσμα και έχοντας αυτό ως δεδομένο εκτελούμε επερώτηση στο σύστημα, για το αν μπορεί μία συνθήκη να ισχύει ή όχι. Οι πιθανές απαντήσεις του συστήματος είναι Yes ή No.

#### **Παράδειγμα**

“**Only if** the dentist has an appointment available **then maybe** I will go to the dentist.”

#### **Ερωτήσεις Explanatory mode**

**Given the observation of** I will go to the dentist **predict if** the dentist has an appointment available **can hold?**

**Given the observation of** I will go to the dentist **predict if** the dentist has an appointment available **can not hold?**



**Given the observation of I will not go to the dentist predict if the dentist has an appointment available can hold?**

Στην πρώτη ερώτηση θεωρούμε ως γεγονός ότι ισχύει το αποτέλεσμα της πρότασης 'I will go to the dentist ' και ζητούμε από το σύστημα να μας απαντήσει δεδομένου αυτού του γεγονότος αν μπορεί να ισχύσει η συνθήκη the dentist has an appointment available

Στην δεύτερη ερώτηση θεωρούμε ως γεγονός ότι ισχύει το αποτέλεσμα της πρότασης 'I will go to the dentist ' και ζητούμε από το σύστημα να μας απαντήσει δεδομένου αυτού του γεγονότος αν δεν μπορεί να ισχύσει η συνθήκη the dentist has an appointment available

Στην τρίτη ερώτηση θεωρούμε ως γεγονός ότι δεν ισχύει το αποτέλεσμα της πρότασης ('I will go to the dentist ') και ζητούμε από το σύστημα να μας απαντήσει δεδομένου αυτού του γεγονότος αν μπορεί να ισχύσει η συνθήκη the dentist has an appointment available.

Το Explanatory είδος ερωτήσεις έχει υλοποιηθεί στο Γοργία σε προηγούμενη έκδοση του Cognica για τις Enabling και Biconditional προτάσεις.

Διανοητικά μοντέλα Enabling

1.a c

2.a  $\neg$ c

3. $\neg$  a  $\neg$  c

Διανοητικά μοντέλα Biconditional

1.a c

2. $\neg$  a  $\neg$  c

### 5.9.1 Υλοποίηση Explanatory mode για Enabling και Biconditional προτάσεις.

Το βασικό στοιχείο της υλοποίησης του explanatory mode, είναι η εισαγωγή ως κανόνων του Γοργία, μόνο των διανοητικών μοντέλων των προτάσεων που το αποτέλεσμα είναι άμεση συνέπεια της συνθήκης.

Έτσι, για τις Enabling προτάσεις, εισάγαμε κανόνα για το τρίτο διανοητικό μοντέλο ( $\neg a \neg c$ ). Συγκεκριμένα εισάγουμε ένα κανόνα στον οποίο όταν δεν ισχύει το αποτέλεσμα τότε δεν ισχύει η συνθήκη. Στην Biconditional εισάγουμε κανόνες και για τα δυο διανοητικά μοντέλα καθώς όπως έχουμε προαναφέρει η σχέση μεταξύ συνθήκης και αποτελέσματος είναι πολύ ισχυρή.

Προσθέσαμε επίσης κανόνες που καλύπτουν την πιθανότητα το αποτέλεσμα να ισχύει ή να μην ισχύει εξαιτίας κάποιου άλλου εξωτερικού παράγοντα που δεν δίνεται μέσα στις προτάσεις. Οι κανόνες αυτού του τύπου έχουν λιγότερη ισχύ από τους κανόνες τύπου Biconditional και Enabling. Στην προκειμένη περίπτωση εάν το αποτέλεσμα ισχύει, εξαιτίας κάποιου άλλου παράγοντα που δεν αναφέρεται στις προτάσεις, η συνθήκη κάποιας πρότασης μπορεί να ισχύει ή να μην ισχύει, ανεξαρτήτως του αποτελέσματος.

Επίσης προσθέτουμε υποθετικούς κανόνες για όλες τις συνθήκες των προτάσεων, για το αν μπορούν να ισχύουν ή να μην ισχύουν. Οι υποθετικοί κανόνες έχουν λιγότερη προτεραιότητα από τους Biconditional ,Enabling κανόνες.

## 5.10 Controlled Natural Language CNL

Όπως έχουμε προαναφέρει, η Controlled Natural Language που θέλουμε να δημιουργήσουμε, έχει σκοπό να βοηθήσει τον χρήστη να εισάγει τη γνώση στο σύστημα. Επίσης, μας υποβόηθα στον διαχωρισμό των προτάσεων στις διάφορες κατηγορίες. Η CNL αφορά μόνο Conditional προτάσεις. Η σύνταξη της συνθήκης και του αποτελέσματος των προτάσεων, γίνεται χρησιμοποιώντας την κανονική σύνταξη της Αγγλικής γλώσσας.

Η μόνη ιδιαιτερότητα που έχει η σύνταξη της συνθήκης και του αποτελέσματος, είναι στην περίπτωση που θέλουμε να εκφράσουμε άρνηση η οποία μπορεί να εκφραστεί μόνο με την χρήση της λέξης 'not' μέσα στο κείμενο. Οποιαδήποτε άλλη μορφή άρνησης στην Αγγλική γλώσσα δεν θα μεταφραστεί σε άρνηση στον Γοργία.

Τα πρότυπα τα οποία έχουν αποφασιστεί για τις προτάσεις οι οποίες δεν χρειάζονται κοινή γνώση για να βγουν τα διανοητικά τους μοντέλα είναι τα ακόλουθα:

**Tautological: If A then possibly C**

**Conditional: If A then C or If A then always C**

**Enabling: Only if A then possibly C**

**Disabling : Even if A then possibly C**

**Biconditional: If and Only if A then C**

Σε όλες τις προτάσεις, όπου υπάρχει η λέξη possibly μπορεί να αντικατασταθεί με μια εκ των συνώνυμων της 'maybe' ή 'may'.

Στους υπόλοιπους τέσσερις τύπους προτάσεων, χρησιμοποιούμε την κοινή γνώση για να αντιληφθούμε εάν μία πρόταση ανήκει σε αυτούς. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε σε αυτούς τους τύπους προτάσεων αναλυτικά.

#### Strengthened antecedent προτάσεις

Το πρότυπο του συγκεκριμένου κανόνα είναι: **If A then possibly C**. Η συνθήκη του κανόνα γνωρίζουμε εκ των προτέρων από την κοινή γνώση ότι ισχύει. Επομένως, για να αναγνωρίσουμε ότι μία πρόταση ανήκει στη συγκεκριμένη κατηγορία, πρέπει να χρησιμοποιείται το πρότυπο: **If A then possibly C** και να έχει δηλωθεί εκ των προτέρων από τον χρήστη ως κοινή γνώση ότι η συνθήκη ισχύει.

#### Relevance προτάσεις

Το γενικό πρότυπο της πρότασης είναι: **If A then C**. Το αποτέλεσμα γνωρίζουμε ότι ισχύει από την κοινή γνώση ανεξαρτήτως της συνθήκης. Συνεπώς, αναγνωρίζουμε ότι μία πρόταση ανήκει στη συγκεκριμένη κατηγορία εάν χρησιμοποιείται το πρότυπο: **If A then C** και έχει δηλωθεί ως κοινή γνώση ότι ισχύει το αποτέλεσμα.

#### Tollens προτάσεις

Το γενικό πρότυπο της πρότασης είναι: **If A then C**. Το αποτέλεσμα γνωρίζουμε από την κοινή γνώση ότι δεν ισχύει. Για να αναγνωριστεί μία πρόταση ως Tollens πρέπει να χρησιμοποιείται το πρότυπο: **If A then C** και να δηλωθεί ως κοινή γνώση ότι το αποτέλεσμα δεν ισχύει.

### Ponens προτάσεις

Το γενικό πρότυπο της πρότασης είναι: **If A then C**. Γνωρίζουμε εκ των προτέρων, από την κοινή γνώση, ότι η συνθήκη ισχύει, επομένως ισχύει και το αποτέλεσμα. Μία πρόταση αναγνωρίζεται ως Ponens, εάν χρησιμοποιείται το πρότυπο: **If A then C** και έχει δηλωθεί ως κοινή γνώση ότι η συνθήκη ισχύει.

### Παραδείγματα προτάσεων:

#### Tautological interpretation:

“**If** there are lights over there **then maybe** there is a road there.”

#### Conditional interpretation:

“**If** the patient has malaria, **then** she has a fever.”

#### Enabling interpretation:

“**Only if** the sea is calm **then maybe** I will swim.”

#### Disabling interpretation:

“**Even if** the workers settle for lower wages **then maybe** the company may still go bankrupt.”

#### Biconditional interpretation:

“**If and only if** the butter is heated, **then** the butter will melt.”

#### Strengthened antecedent:

“**If** there is gravity **then maybe** your apples fall tomorrow.”

Background Knowledge: there is gravity

#### Relevance interpretation:

“**If** you are interested in Vertigo, **then** Vertigo it is on TV tonight.”

Background Knowledge: Vertigo it is on TV tonight.

**Tollens interpretation:**

“**If** that experiment works **then** I will eat my hat.”

Background Knowledge: I will **not** eat my hat.

**Ponens interpretation:**

“**If** my name’s Alex **then** Viv is engaged.”

Background Knowledge: my name’s Alex.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το Background Knowledge που εισάγουμε για μερικές προτάσεις, η σύνταξη και οι λέξεις που χρησιμοποιούμε στην κοινή γνώση πρέπει να είναι εντελώς ίδιες με τις λέξεις της συνθήκης ή του αποτελέσματος. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το αποτέλεσμα ενός κανόνα ως συνθήκη, για κάποιον άλλο, και σε αυτή την περίπτωση οι λέξεις πρέπει να είναι ακριβώς ίδιες. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε άρνηση, η μόνη λέξη που μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στα δύο, είναι η not (παράδειγμα Tollens).

## Κεφάλαιο 6

### Υλοποίηση συστήματος

#### 6.1 Γενική περιγραφή συστήματος

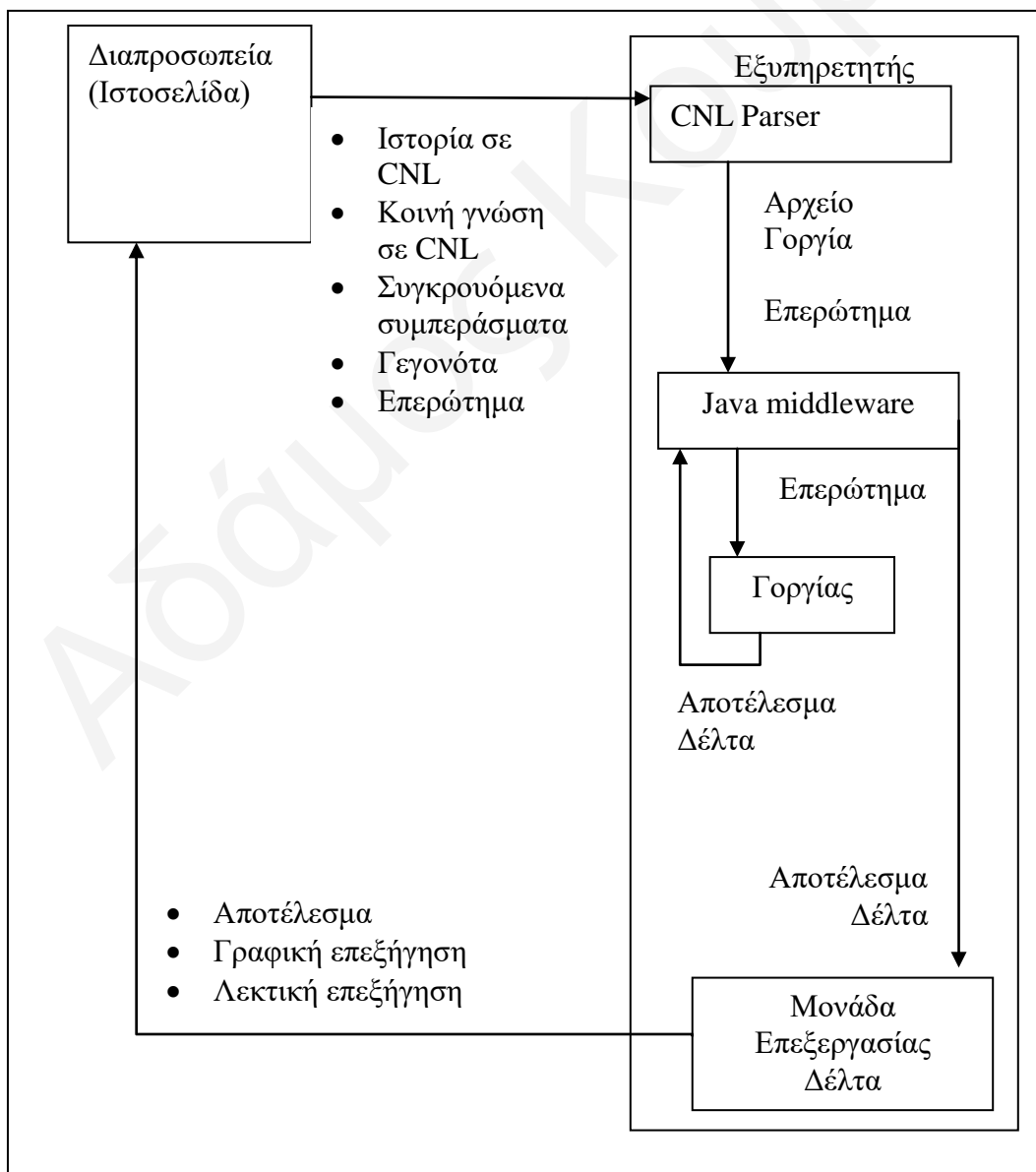
Το σύστημα έχει υλοποιηθεί ως ιστοσελίδα. Οι χρήστες του συστήματος αφού κάνουν εγγραφή στο σύστημα και ταυτοποιηθούν τα στοιχεία τους, μπορούν να συνδεθούν στο σύστημα. Μέσω της διαπροσωπείας, οι χρήστες μπορούν να εισάγουν την πρόσκαιρη γνώση (foreground knowledge) και την κοινή γνώση (background knowledge) υπό την μορφή Conditional προτάσεων, σύμφωνα με τους κανόνες της CNL που ορίσαμε. Ακόμη, ως κοινή γνώση, μπορούμε να εισάγουμε και αδιαμφισβήτητα γεγονότα που προέρχονται από την κοινή γνώση. Επίσης, μέσω της ίδιας διαπροσωπείας, μπορούμε να εισάγουμε το θέμα με το οποίο καταπιάνεται η ιστορία που έχουμε εισάγει.

Αφού εισάγουμε την ιστορία με τις προτάσεις, μπορούμε μέσω της διαπροσωπείας να εκτελέσουμε μία επερώτηση πάνω στην ιστορία. Απαραίτητη προϋπόθεση για να εκτελέσουμε την επερώτηση είναι να δηλώσουμε ως γεγονότα, τις συνθήκες που στο σενάριο της ερώτησης παίζουν ενεργό ρόλο. Μπορούμε να δηλώσουμε ως γεγονός την κατάφαση ή την άρνηση της συνθήκης. Ως επερώτημα μπορεί να δηλωθεί ένα εκ των συμπερασμάτων των προτάσεων.

Αφού εκτελεστεί το επερώτημα, το σύστημα επιστρέφει πίσω την απάντηση του, η οποία είναι μία εκ των Yes/No/Maybe μαζί με την ανάλογη γραφική και λεκτική επεξήγηση.

Επιπρόσθετα, μέσω της διαπροσωπείας, δίνεται η δυνατότητα της αποθήκευσης μιας ιστορίας για να την χρησιμοποιήσουμε αργότερα. Η ιστορία που αποθηκεύεται έχει ως όνομα το θέμα της ιστορίας.

## 6.2 Αρχιτεκτονική συστήματος





### 6.2.1 Περιγραφή αρχιτεκτονικής

Ο χρήστης δίνει ως είσοδο στο σύστημα: την ιστορία με τις Conditional προτάσεις, την κοινή γνώση και τον κατάλογο με τα συγκρουόμενα συμπεράσματα εάν υπάρχουν. Ακολούθως, ο χρήστης δηλώνει ποια είναι τα γεγονότα και εκτελεί το επερώτημα στο σύστημα.

Κατά την εκτέλεση της επερώτησης αποστέλλονται στον εξυπηρετητή τα ακόλουθα:

- Conditional προτάσεις
- Κοινή γνώση
- Γεγονότα
- Επερώτημα
- Συγκρουόμενα συμπεράσματα

Στον εξυπηρετητή μέσω της μονάδας CNL Parser, οι Conditional προτάσεις, η κοινή γνώση και τα γεγονότα, μεταφράζονται στους αντίστοιχους κανόνες του Γοργία. Τα συγκρουόμενα συμπεράσματα μεταφράζονται στα ανάλογα κατηγορήματα του Γοργία. Δημιουργείται ένα αρχείο του Γοργία, το οποίο περιέχει όλα αυτά που προαναφέραμε και αποστέλλεται μαζί με το επερώτημα στο Java middleware.

Το Java middleware εκτελεί το επερώτημα στον Γοργία/Prolog. Παίρνει το αποτέλεσμα και το Δέλτα του Γοργία και τα αποστέλλει στη Μονάδα Επεξεργασίας Δέλτα.

Στη Μονάδα Επεξεργασίας Δέλτα, δημιουργούνται από το Δέλτα η γραφική και λεκτική επεξήγηση. Στη συνέχεια, αποστέλλονται στην διαπροσωπεία μαζί με το αποτέλεσμα για να τα παρουσιάσει.

### **6.3 Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν**

Οι προτάσεις έχουν υλοποιηθεί στο σύστημα επιχειρηματολογίας του Γοργία ο οποίος είναι γραμμένος στη γλώσσα Prolog.

Η ιστοσελίδα έχει δημιουργηθεί με τη χρήση HTML5, Javascript , Angularjs και Bootstrap 4. Η Γραφική αναπαράσταση της επεξήγησης στην ιστοσελίδα, γίνεται με τη χρήση της βιβλιοθήκης vis.js community edition.

Ο κώδικας από την πλευρά του εξυπηρετητή έχει γραφτεί σε PHP. Η εκτέλεση του κώδικα του Γοργία στον εξυπηρετητή, γίνεται με τη χρήση ενός ενδιάμεσου, το οποίο είναι γραμμένο σε γλώσσα Java. Το ενδιάμεσο λογισμικό χρησιμοποιεί για την επικοινωνία μεταξύ Java και Γοργία/Prolog τη βιβλιοθήκη JPL (Java Prolog Interface ) της Java. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε MYSQL βάση δεδομένων, στην οποία αποθηκεύονται οι ιστορίες .

### **6.4 Λειτουργίες Ιστοσελίδας**

#### **6.4.1 Εγγραφή νέου χρήστη.**

Για να χρησιμοποιεί το σύστημα, ο χρήστης θα πρέπει να κάνει εγγραφή σε αυτό και να αποκτήσει λογαριασμό. Για εγγραφή στο σύστημα, ο χρήστης πρέπει να πατήσει πάνω στο κουμπί register στην οθόνη εισόδου του συστήματος.

Πατώντας πάνω στο κουμπί register, πλοηγούμαστε σε μία σελίδα, όπου θα πρέπει ο χρήστης συμπληρώσει του όνομα του, το επώνυμό του, τη διεύθυνση email του και τον κωδικό(password) που επιθυμεί να χρησιμοποιεί, για να συνδέεται στο σύστημα. Ο κωδικός πρέπει να αποτελείται από έξι χαρακτήρες και άνω. Πατώντας το κουμπί Register ο χρήστης, δημιουργεί λογαριασμό και αποκτά πρόσβαση στο σύστημα.

The image shows a registration form titled "Register". It contains four input fields: "First Name", "Last Name", "Email", and "Password". Below these fields is a checkbox labeled "I agree to the Terms and Conditions". At the bottom of the form are two buttons: "Register" (highlighted in green) and "Cancel".

Annotations:

- A red box surrounds the four input fields. A text box to the right says: "Πεδία τα οποία ο χρήστης, πρέπει να συμπληρώσει για να κάνει εγγραφή στο σύστημα." (Fields that the user must fill out to register in the system.)
- A red box surrounds the "Register" button. A text box to the left says: "Αφού συμφωνήσουμε με τους χρήσης του συστήματος, πατάμε το κουμπί Register για εγγραφή στο σύστημα." (After we agree with the system's usage, we click the Register button to register in the system.)

Figure 2 Εγγραφή νέου χρήστη

#### 6.4.2 Είσοδος στο σύστημα

Αφού ο χρήστης κάνει εγγραφή στο σύστημα, μπορεί να εισέλθει στο σύστημα από τη οθόνη Εισόδου. Για να εισέλθει στο σύστημα, πρέπει να δώσει ως είσοδο: τη διεύθυνση ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και τον κωδικό του. Τα στοιχεία αυτά είναι αυτά που δήλωσε κατά την εγγραφή του στο σύστημα.

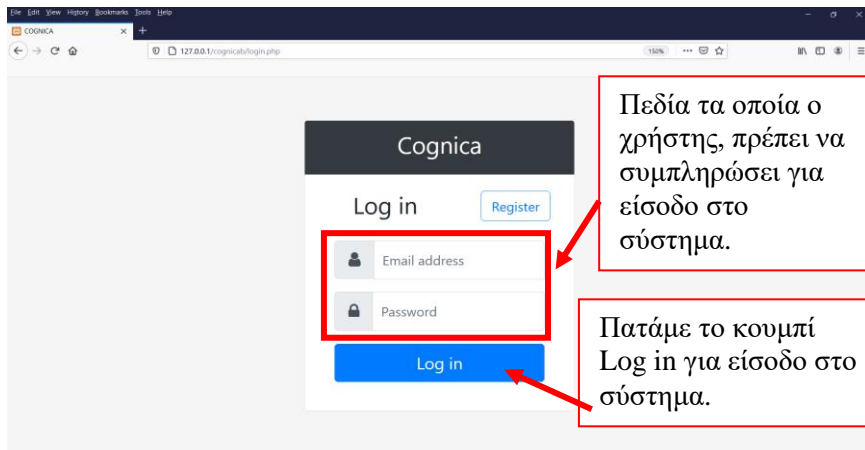


Figure 3 Είσοδος στο σύστημα

### 6.4.3 Αποθήκευση / Ανάκτηση/ Κλείσιμο αρχείων

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μέσω του κυρίως μενού, να αποθηκεύσει μία ιστορία για να τη χρησιμοποιήσει αργότερα. Για την αποθήκευση μιας ιστορίας είναι υποχρεωτική η εισαγωγή του θέματος της ιστορίας. Η αποθήκευση γίνεται επιλέγοντας από το κυρίως μενού: File -> Save as.

Για αποθήκευση των αλλαγών που έγιναν σε μία ιστορία, ο χρήστης μπορεί να πατήσει από το κυρίως μενού File -> Save. Με την αποθήκευση μιας ιστορίας, στην βάση δεδομένων αποθηκεύονται εκτός από την ιστορία, η κοινή γνώση και τα συγκρουόμενα συμπεράσματα που έχει εισάγει ο χρήστης.

Όταν ο χρήστης εισέλθει στο σύστημα, έχει την δυνατότητα μέσω του κυρίως μενού να φορτώσει μία ιστορία, την οποία έχει αποθηκεύσει παλαιότερα στο σύστημα επιλέγοντας File -> Open από το κυρίως μενού. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κλείσει ένα αρχείο επιλέγοντας από το μενού Close -> file.

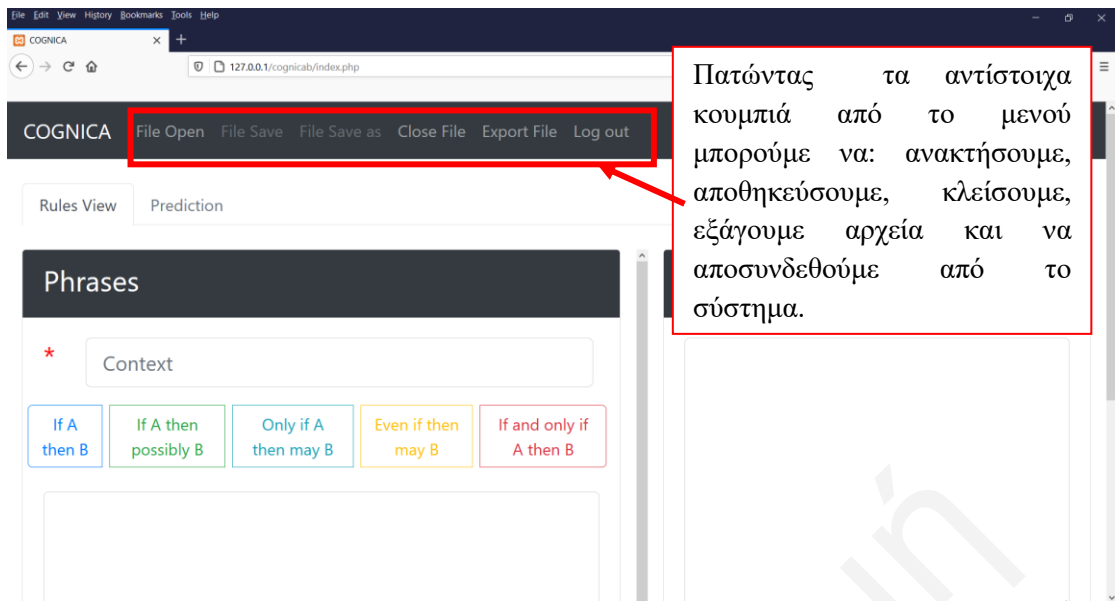


Figure 4 Main Menu

#### 6.4.4 Export File

Το σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα στον χρήστη να εξάγει το αρχείο υπό τη μορφή αρχείου κειμένου. Για την εξαγωγή του αρχείου, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει από το κυρίως μενού Export -> File. Το αρχείο εξάγεται ως αρχείο κειμένου με όνομα, το όνομα του θέματος της ιστορίας.

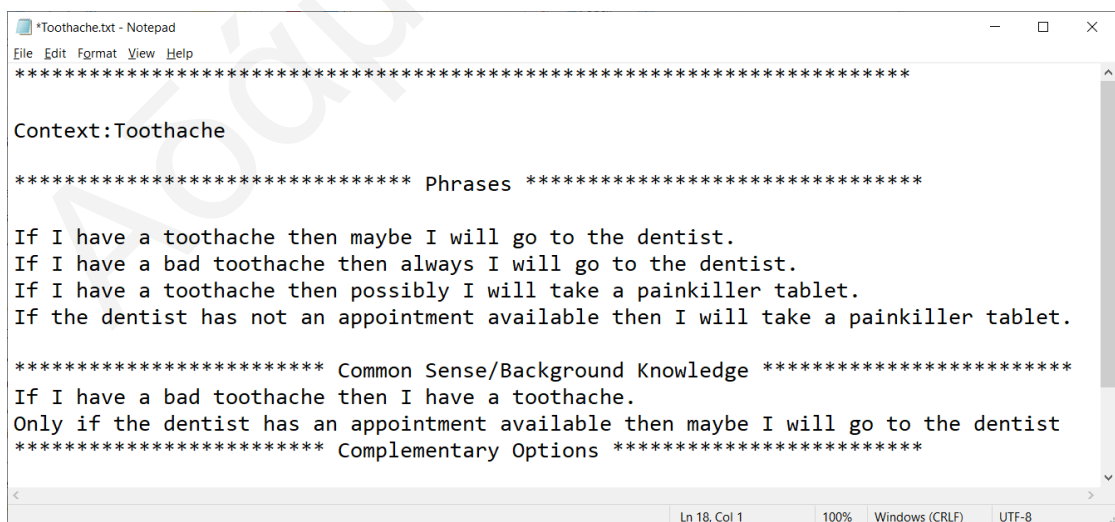


Figure 5 Μορφή εξαγόμενου αρχείου

## 6.5 Βασικές λειτουργίες συστήματος

### 6.5.1 Λειτουργία εισαγωγής προτάσεων και κοινής γνώσης

Αυτή είναι η βασική οθόνη του συστήματος, μέσω της οποίας εκτελούνται οι σημαντικότερες λειτουργίες του συστήματος. Μέσω αυτής της οθόνης, ο χρήστης μπορεί να εισάγει το θέμα των προτάσεων, τις προτάσεις, την κοινή γνώση αλλά και τα συγκρουόμενα συμπεράσματα, εάν υπάρχουν.

Οι προτάσεις εισάγονται στο πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, που βρίσκεται εντός του πλαισίου Phrases στα αριστερά της οθόνης. Πάνω από το πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, υπάρχουν μερικά κουμπιά με τα πρότυπα των προτάσεων, όπου εάν τα πατήσει ο χρήστης τότε το πρότυπο της πρότασης που έχει επιλέξει προστίθεται στο κείμενο.

Στο πάνω δεξί μέρος της οθόνης υπάρχει το πλαίσιο Background Knowledge. Στο πλαίσιο κειμένου που βρίσκεται εντός αυτού του πλαισίου, ο χρήστης μπορεί να εισάγει την κοινή γνώση σχετικά με την ιστορία.

Στο κάτω δεξί μέρος της οθόνης υπάρχει το πλαίσιο Complementary options: Πατώντας πάνω στο κουμπί της πρόσθεσης που βρίσκεται μέσα σε αυτό το πλαίσιο, ο χρήστης μπορεί να προσθέσει τα συγκρουόμενα συμπεράσματα της ιστορίας εάν υπάρχουν. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι, η άρνηση ενός συμπεράσματος αναγνωρίζεται αυτόματα όπως έχουμε πει και δεν χρειάζεται να δηλωθεί ως συγκρουόμενο συμπέρασμα. Επίσης, συγκρουόμενα συμπεράσματα μπορούν να δηλωθούν και μέσω κανόνων στην κοινή γνώση.

Όταν εισάγουμε στο σύστημα τις προτάσεις, τότε πατώντας το κουμπί Parse Phrases (κάτω αριστερά στην οθόνη), ελέγχεται η σύνταξη των προτάσεων και της κοινής γνώσης, εάν είναι σύμφωνες με την CNL που έχουμε ορίσει. Εάν η σύνταξη των προτάσεων και της κοινής γνώσης είναι σύμφωνη με τη CNL, τότε ενεργοποιείται το tab Prediction στο πάνω αριστερό μέρος της οθόνης. Πατώντας πάνω στο συγκεκριμένο κουμπί, μεταφερόμαστε στην οθόνη όπου εκτελούμε τα ερωτήματα.

**Figure 6 Οθόνη εισαγωγής των προτάσεων**

The screenshot shows a software interface for entering phrases and background knowledge. It features a 'Phrases' section with a text input field containing 'Toothache' and a row of five logical operators: 'If A then B', 'If A then possibly B', 'Only if A then may B', 'Even if then may B', and 'If and only if A then B'. Below this is a list of example phrases. A 'Parse Phrases' button is located at the bottom left of the 'Phrases' section. To the right, there is a 'Background Knowledge' section with a text input field containing two example sentences. Below that is a 'Complementary options' section with a plus sign button. Red callout boxes provide detailed explanations for these elements.

**Πλαισίου Phrases:** Οι προτάσεις εισάγονται στο πλαίσιο εισαγωγής.

Υπάρχουν μερικά κουμπιά με τα πρότυπα των προτάσεων, όπου εάν τα πατήσει ο χρήστης τότε το πρότυπο της πρότασης που έχει επιλέξει προστίθεται στο κείμενο.

**Πλαισίου Background Knowledge:** ο χρήστης μπορεί να εισάγει την κοινή γνώση σχετικά με την ιστορία.

**Κουμπί Parse Phrases:** Εάν η σύνταξη των προτάσεων και της κοινής γνώσης είναι σύμφωνη με τη CNL, τότε ενεργοποιείται η καρτέλα tab Prediction. Πατώντας πάνω στο συγκεκριμένο κουμπί, μεταφερόμαστε στην οθόνη όπου εκτελούμε τα ερωτήματα.

**Πλαισίου Complementary options:** Πατώντας πάνω στο κουμπί της πρόσθεσης που βρίσκεται μέσα σε αυτό το πλαίσιο, ο χρήστης μπορεί να προσθέσει τα συγκρουόμενα συμπεράσματα της ιστορίας εάν υπάρχουν.

### 6.5.2 Λειτουργία Prediction

Η οθόνη αυτή είναι από τις σημαντικότερες οθόνες του συστήματος, αφού μέσω αυτής οθόνης δίνουμε ως είσοδο τα γεγονότα και εκτελούμε το επερώτημα. Τα γεγονότα τα επιλέγουμε από την λίστα που υπάρχει στο αριστερό μέρος της οθόνης, δίπλα από την λέξη If. Η λίστα αυτή περιέχει όλες τις συνθήκες των προτάσεων. Επιλέγοντας μία συνθήκη από τη λίστα, πρέπει να επιλέξουμε εάν ισχύει ή όχι επιλέγοντας μια από τις επιλογές hold /does not hold αντιστοίχως. Το επερώτημα, το επιλέγουμε από την αναδυόμενη λίστα επιλογής που βρίσκεται στο δεξιό μέρος της οθόνης. Όταν επιλέξουμε κάποια από τα γεγονότα και το επερώτημα μπορούμε να εκτελέσουμε επερώτηση στο σύστημα πατώντας το κουμπί Predict.

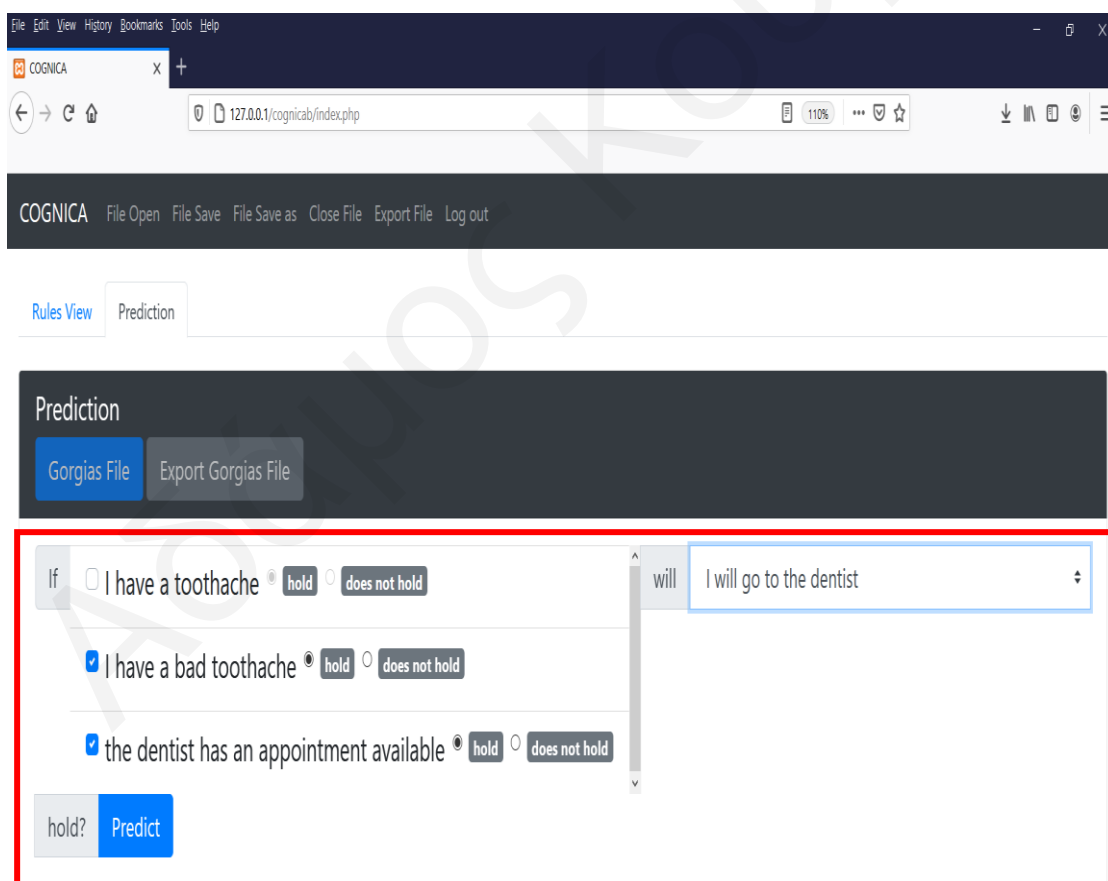


Figure 7 Οθόνη Prediction



### 6.5.3 Παρουσίαση αποτελέσματος

Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης μέσα σε ένα γαλάζιο πλαίσιο.

The screenshot shows a web browser window with the URL `127.0.0.1/cognicab/index.php`. The page title is "COGNICA" and the navigation menu includes "File Open", "File Save", "File Save as", "Close File", "Export File", and "Log out". The main content area is titled "Prediction" and contains two buttons: "Gorgias File" and "Export Gorgias File". Below these buttons is a rule editor with the following conditions and actions:

- If  I have a toothache  hold  does not hold
- I have a bad toothache  hold  does not hold
- the dentist has an appointment available  hold  does not hold

The action is: will I will go to the dentist

At the bottom left, there is a "Prediction:" label, a "Yes" button, and a "Why?" button. The "Why?" button is highlighted with a red box and a red arrow pointing to it from a text box on the right.

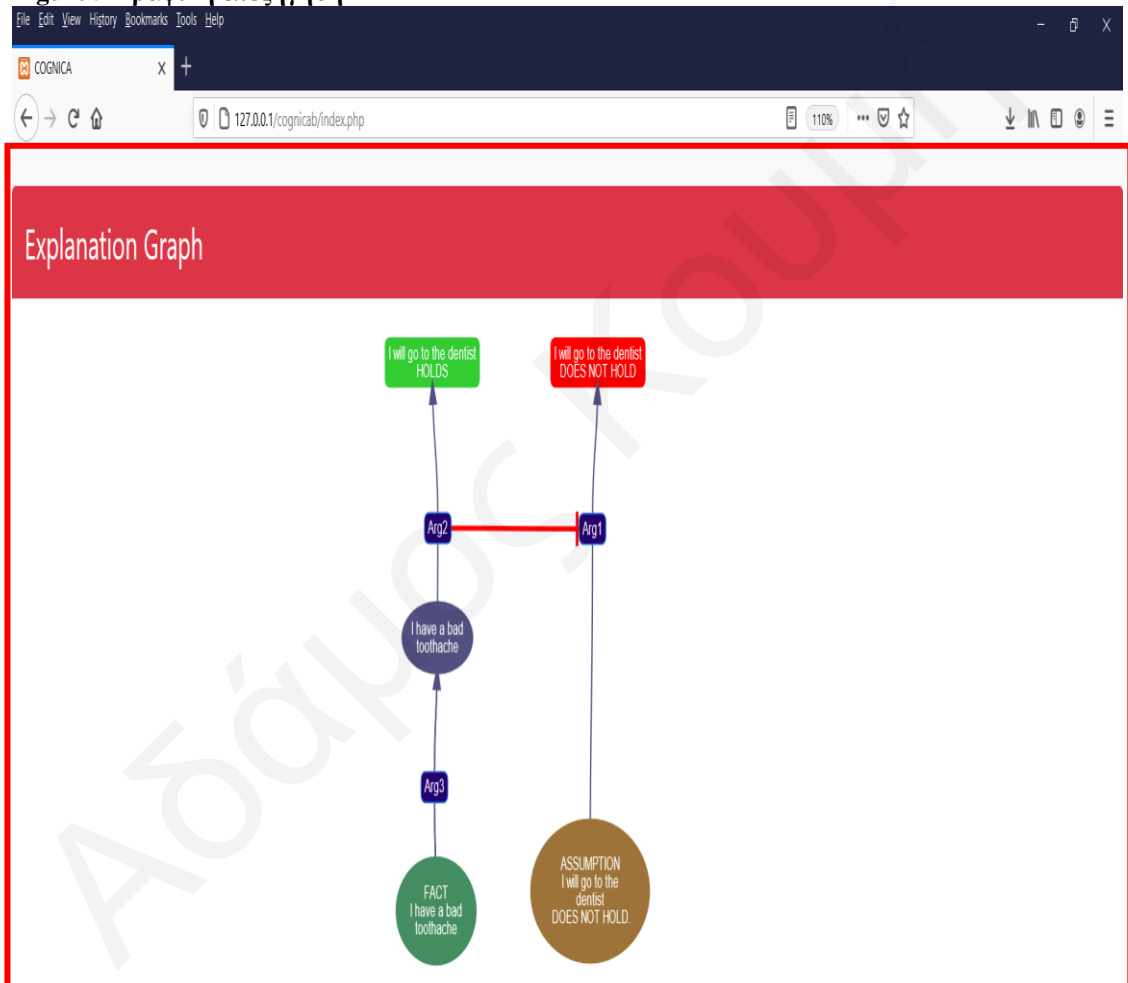
Κουμπι «Why?» μας εμφανίζει σε αναδυόμενο παράθυρο τη γραφική επεξήγηση.

Figure 8 Οθόνη Παρουσίασης αποτελέσματος

### 6.5.4 Γραφική επεξήγηση

Δίπλα από το γαλάζιο πλαίσιο του αποτελέσματος, υπάρχει το κουμπί «Why?» το οποίο εάν το πατήσουμε, μας εμφανίζει σε αναδυόμενο παράθυρο τη γραφική επεξήγηση.

Figure 9 Γραφική επεξήγηση



Verbal Explanation: Πατώντας το κουμπί, το τρέχων παράθυρο κλείνει και αναδύεται ένα άλλο παράθυρο με την λεκτική επεξήγηση.

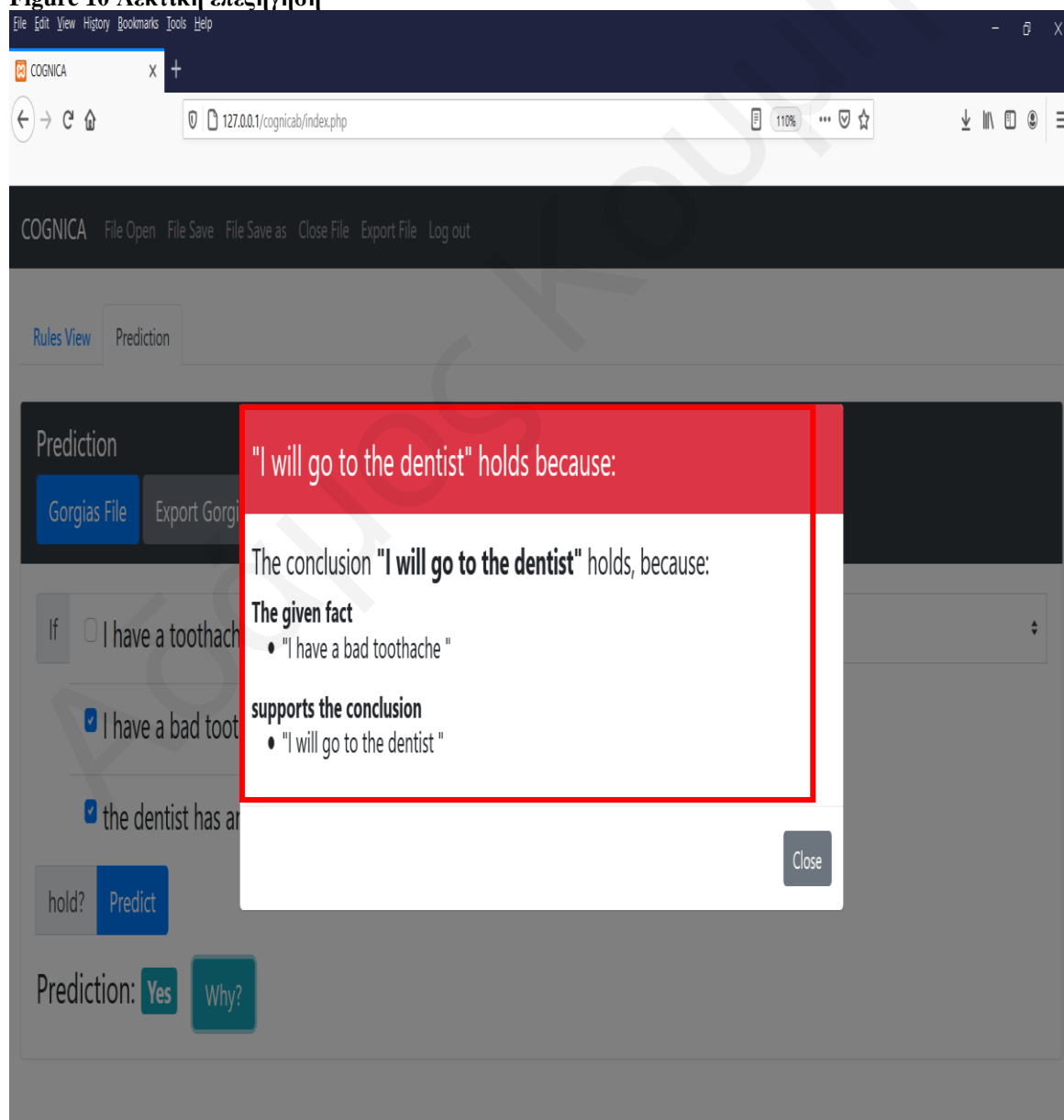
Verbal Explanation

Close

### 6.5.5 Επεξήγηση κειμένου

Στο αναδυόμενο παράθυρο που παρουσιάζεται η γραφική επεξήγηση, στο κάτω δεξιό μέρος του παραθύρου, υπάρχει το κουμπί «Verbal Explanation». Πατώντας το κουμπί, το τρέχων παράθυρο κλείνει και αναδύεται ένα άλλο παράθυρο με την λεκτική επεξήγηση.

Figure 10 Λεκτική επεξήγηση



## 6.6 Περιγραφή γραφικής επεξήγησης

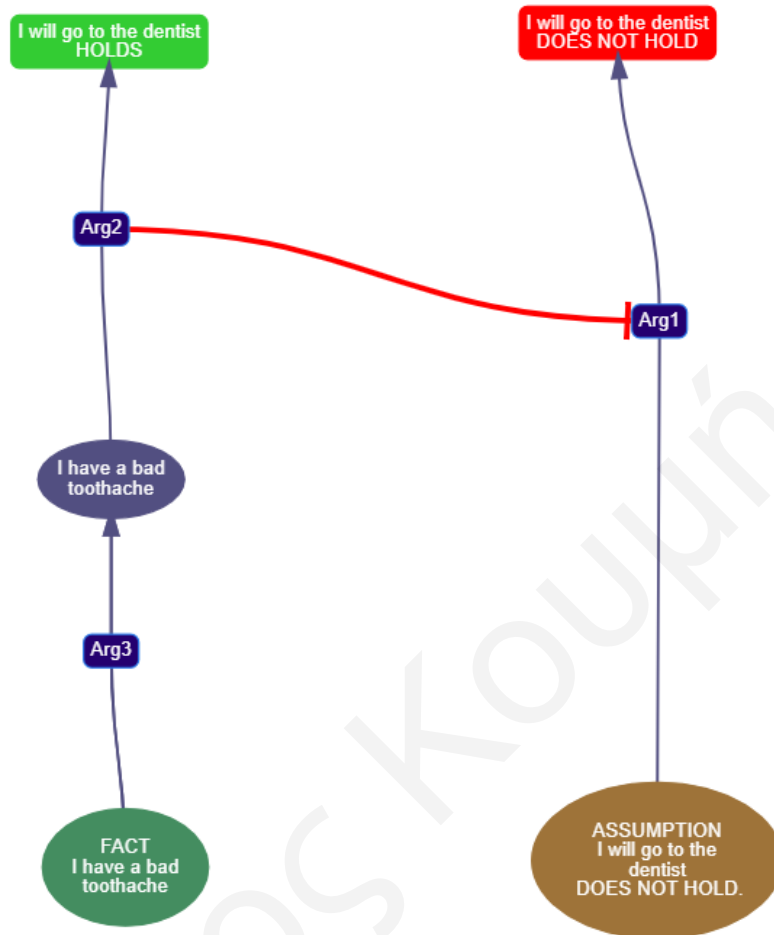


Figure 11 Παράδειγμα Γραφικής Επεξήγησης

Η δομή της γραφικής επεξήγησης δημιουργείται στον εξυπηρετητή από το δέλτα του Γοργία. Στην ιστοσελίδα, παρουσιάζεται με την χρήση της Javascript βιβλιοθήκης vis.js. Στο κάτω μέρος του γραφήματος, παρουσιάζονται μέσα σε πράσινο σκούρο χρώμα, τα γεγονότα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξήγηση. Επίσης, στο κάτω μέρος του γράφου παρουσιάζονται με καφέ χρώμα οι υποθέσεις που έγιναν από το σύστημα.

Στο πάνω μέρος του γράφου, μέσα σε πράσινο χρώμα βρίσκεται το ερώτημα που ισχύει και με κόκκινο χρώμα στο ίδιο ύψος με αυτό, βρίσκεται το αντίθετο συμπέρασμα προς το συμπέρασμα που ισχύει.

Ο χρήστης πρέπει να ξεκινήσει να διαβάζει το γράφημα από κάτω προς τα πάνω, πρέπει να ξεκινήσει από τα γεγονότα και τις υποθέσεις για να καταλήξει στα συμπεράσματα.

Μέσω του γραφήματος, μπορούμε να παρατηρήσουμε ποια επιχειρήματα στήριξαν το συμπέρασμα που ισχύει και ποιες επιθέσεις έγιναν πάνω σε αυτά τα επιχειρήματα, από αντιεπιχειρήματα που στήριξαν το αντίθετο συμπέρασμα. Μέσω των μεγάλων κόκκινων γραμμών με μία μπάρα στο τέλος, δηλώνονται αυτές οι επιθέσεις. Τα επιχειρήματα που συνδέονται με αυτού του είδους τις γραμμές, είναι επιχειρήματα που συγκρούονται. Το επιχείρημα στο οποίο καταλήγει η κόκκινη γραμμή και βρίσκεται πάνω του η κόκκινη μπάρα είναι το πιο αδύναμο επιχείρημά.

Όταν η απάντηση του συστήματος είναι maybe, τότε τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με κίτρινο χρώμα.

### **6.7 Αλγόριθμος δημιουργίας γραφικής αναπαράστασης**

Η γραφική αναπαράσταση της επεξήγησης δημιουργείται μέσω της επεξεργασίας του Δέλτα του Γοργία. Κάθε φορά που κάνουμε μία επερώτηση στο Γοργία, παίρνουμε εκτός από την απάντηση του Γοργία στο επερώτημα και το Δέλτα του Γοργία. Το Δέλτα είναι ένας κατάλογος από επιχειρήματα, τα οποία στηρίζουν το επιχείρημα που έχει αποδειχθεί.

Αναλυτικότερα το Δέλτα μπορεί να περιέχει τα ακόλουθα:

- Τα γεγονότα τα οποία δηλώσαμε στο Γοργία ότι ισχύουν και τα οποία στηρίζουν το επιχείρημα που αποδείχτηκε.
- Τους υποθετικούς κανόνες, οι οποίοι στηρίζουν το επιχείρημα που αποδείχθηκε.
- Τους κανόνες του Γοργία που ενεργοποιούνται από κάποιο γεγονός ή από κάποιο υποθετικό κανόνα και οι οποίοι στηρίζουν το επιχείρημα που αποδείχθηκε.
- Τις προτεραιότητες οι οποίες ισχύουν και οδήγησαν στο αποτέλεσμα.

Ο αλγόριθμος δημιουργίας της γραφικής αναπαράστασης έχει ως εξής:

- 1) Διατρέχουμε το δέλτα και δημιουργούμε ένα ευρετήριο το οποίο έχει ως κλειδί μια συνθήκη και ως τιμή τα συμπεράσματα τα οποία στηρίζει η συνθήκη. Επίσης, δημιουργούμε και ένα ανάστροφο ευρετήριο το οποίο έχει ως κλειδί κάποιο συμπέρασμα που ισχύει και ως τιμή, τις συνθήκες που το υποστηρίζουν.
- 2) Τοποθετούμε στο πάνω μέρος της οθόνης το αποτέλεσμα με πράσινο χρώμα. Στη συνέχεια, τοποθετούμε στο ίδιο ύψος με αυτό, το αντίθετο συμπέρασμα.  
Εάν η απάντηση του συστήματος είναι maybe, τότε τόσο αποτέλεσμα, όσο και το αντίθετο του, εμφανίζεται με κίτρινο χρώμα.
- 3) Στη συνέχεια, με τη χρήση ανάστροφου ευρετηρίου τοποθετούμε κάτω από το αποτέλεσμα τα επιχειρήματα που το στηρίζουν σε μία ευθεία οριζόντια γραμμή.
- 4) Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία που κάναμε για το αποτέλεσμα (στο βήμα 3) για κάθε ένα από τα επιχειρήματα που το στηρίζουν.

- 5) Συνεχίζουμε συνεχώς την ίδια διαδικασία μέχρι να φτάσουμε σε κάποιο επιχείρημα, το οποίο δεν έχει επιχειρήματα να το στηρίζουν.

Έπειτα, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία που ακολουθήσαμε για την τοποθέτηση των επιχειρημάτων που στηρίζουν το αποτέλεσμα, για να τοποθετήσουμε στην οθόνη τα επιχειρήματα που στηρίζουν το αντίθετο συμπέρασμα.

Αρκετές φορές, το Δέλτα περιέχει επιχειρήματα τα οποία δεν στηρίζουν κατευθείαν το αποτέλεσμα ή το αντίθετο συμπέρασμα. Αυτά τα επιχειρήματα χρησιμοποιούνται για να αντικρούσουμε κάποιο αντεπιχείρημα που ισχύει και οδηγεί στο αντίθετο αποτέλεσμα από αυτό που θέλουμε να αποδείξουμε. Αυτού του είδους τα επιχειρήματα δεν τοποθετούνται στη διαδικασία που μόλις περιγράψαμε.

Η διαδικασία που ακολουθούμε για να τα τοποθετήσουμε είναι η ακόλουθη:

Τοποθετούμε πρώτα τα γεγονότα και τους υποθετικούς κανόνες που δεν έχουν τοποθετηθεί με την προηγούμενη διαδικασία, στην ίδια ευθεία με τα γεγονότα και τους υποθετικούς κανόνες που ήδη τοποθετήσαμε με την προηγούμενη διαδικασία.

Ακολούθως, με τη χρήση του ευρετηρίου για κάθε γεγονός και υποθετικό κανόνα, τοποθετούμε από πάνω του, τα επιχειρήματα τα οποία στηρίζει. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται και για αυτά τα επιχειρήματα, μέχρι να βρούμε κάποιο επιχείρημα που δεν στηρίζει κάποιο άλλο.

### **6.8 Αλγόριθμος δημιουργίας λεκτικής αναπαράστασης**

Η επεξήγηση στη φυσική γλώσσα παράγεται από το δέλτα του Γοργία. Συγκεκριμένα, δημιουργείτε ένα ευρετήριο το οποίο περιέχει ως κλειδί ένα αποδεκτό επιχείρημα και ως τιμή το επιχείρημα το οποίο στηρίζει το επιχείρημα του κλειδιού. Ακολούθως, με

τη χρήση του ευρετηρίου για κάθε γεγονός, ή υπόθεση που έγινε αποδεκτό ως επιχείρημα παρουσιάζουμε όλη την αλυσίδα με τα επιχειρήματα τα οποία ισχύουν εξαιτίας του. Τα επιχειρήματα της κάθε αλυσίδας τα συνδέουμε με τις ακόλουθες φράσεις ‘ supports the following conclusion’, ‘therefore’.

Το γεγονός, την υπόθεση ή το γεγονός που προέρχεται από την κοινή γνώση από το οποίο μπορεί να ξεκινήσει μία αλυσίδα τα παρουσιάζουμε χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα πρότυπα:

- Όταν η αλυσίδα ξεκινάει από γεγονός χρησιμοποιούμε το πρότυπο The given fact “ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ”.
- Όταν η αλυσίδα ξεκινάει από γεγονός, που προέρχεται από την κοινή γνώση χρησιμοποιούμε το πρότυπο The given background knowledge “ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ”.
- Όταν η αλυσίδα ξεκινάει από υπόθεση χρησιμοποιούμε το πρότυπο The following assumption “ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑ” possibly holds.



## 6.9 Ολοκληρωμένο παράδειγμα Prediction mode

Θέμα ιστορίας :Toothache

### Προτάσεις

If I have a toothache **then maybe** I will go to the dentist.

If I have a bad toothache **then always** I will go to the dentist.

If I have a toothache **then possibly** I will take a painkiller tablet.

If the dentist has **not** an appointment available **then** I will take a painkiller tablet.

### Background Knowledge/Κοινή Γνώση

If I have a bad toothache **then** I have a toothache.

**Only if** the dentist has an appointment available **then maybe** I will go to the dentist

### 6.9.1 Παράδειγμα 1 Απάντηση Maybe

#### Γεγονότα/Ερώτηση

1

The screenshot shows the COGNICA Prediction mode interface. At the top, there is a menu bar with options: File Open, File Save, File Save as, Close File, Export File, and Log out. Below the menu bar, there are two tabs: Rules View and Prediction. The Prediction tab is active, showing a rule configuration window. The window has a title bar 'Prediction' and two buttons: 'Gorgias File' and 'Export Gorgias File'. The rule configuration area is divided into two sections: 'if' and 'will'. The 'if' section contains three conditions, each with a radio button for 'hold' and a radio button for 'does not hold'. The first condition is 'I have a toothache' with the 'hold' radio button selected. The second condition is 'I have a bad toothache' with the 'does not hold' radio button selected. The third condition is 'the dentist has an appointment available' with the 'does not hold' radio button selected. The 'will' section contains the conclusion 'I will go to the dentist' with a 'hold?' radio button and a 'Predict' button.

Figure 12 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 1

## Δεκτική επεξήγηση

**"I will go to the dentist" may hold:**

The conclusion **"I will go to the dentist"** holds, because:

The following assumption

- "The dentist has an appointment available " **possibly holds**

The following assumption

- "I have a bad toothache " **possibly holds**

supports the conclusion

- "I will go to the dentist "

The conclusion **"I will go to the dentist"** does not hold, because:

The following assumption

- The dentist has **not** an appointment available **possibly holds**

supports the conclusion

- I will **not** go to the dentist

Close

Figure 13 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση Maybe

## Γραφική επεξήγηση

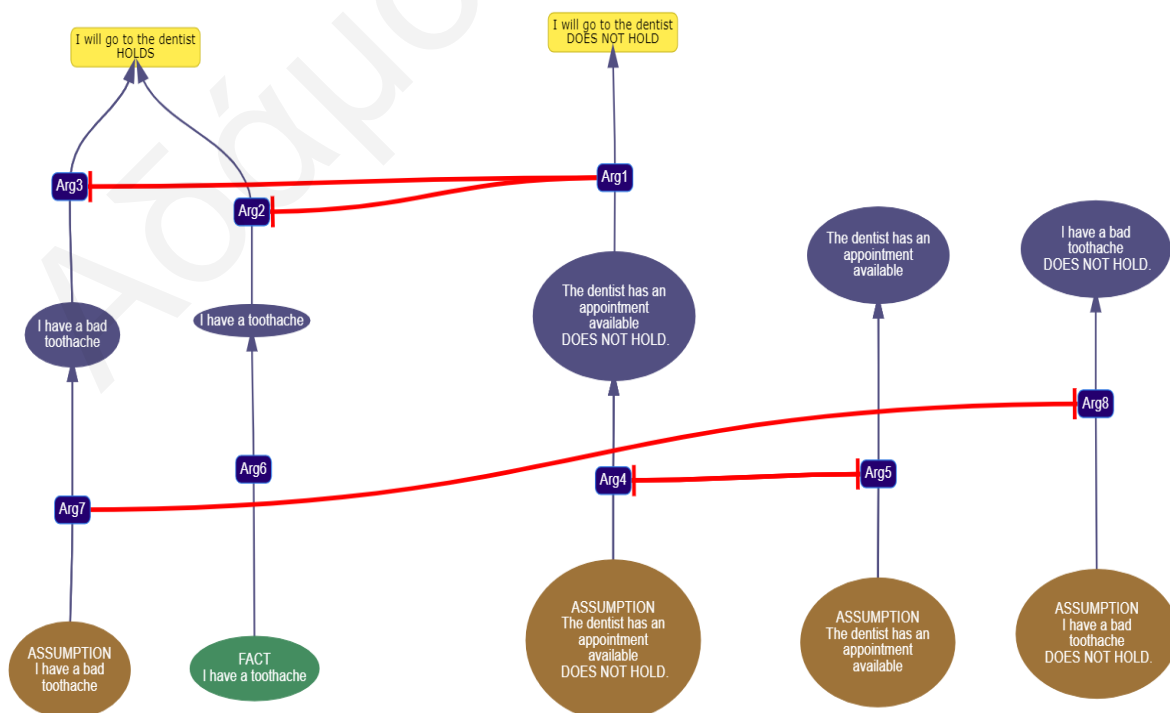


Figure 14 Γραφική επεξήγηση, απάντηση Maybe

## 6.9.2 Παράδειγμα 2 Απάντηση Yes

### Γεγονότα/Ερώτηση

COGNICA File Open File Save File Save as Close File Export File Log out

Rules View Prediction

Prediction

Gorgias File Export Gorgias File

if  I have a toothache  hold  does not hold

I have a bad toothache  hold  does not hold

the dentist has an appointment available  hold  does not hold

will I will go to the dentist  hold? Predict

Figure 15 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 2

### Λεκτική επεξήγηση

**"I will go to the dentist" holds because:**

The conclusion **"I will go to the dentist"** holds, because:

**The given fact**

- "I have a bad toothache "

**supports the conclusion**

- "I will go to the dentist "

Close

Figure 16 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση Yes

## Γραφική επεξήγηση

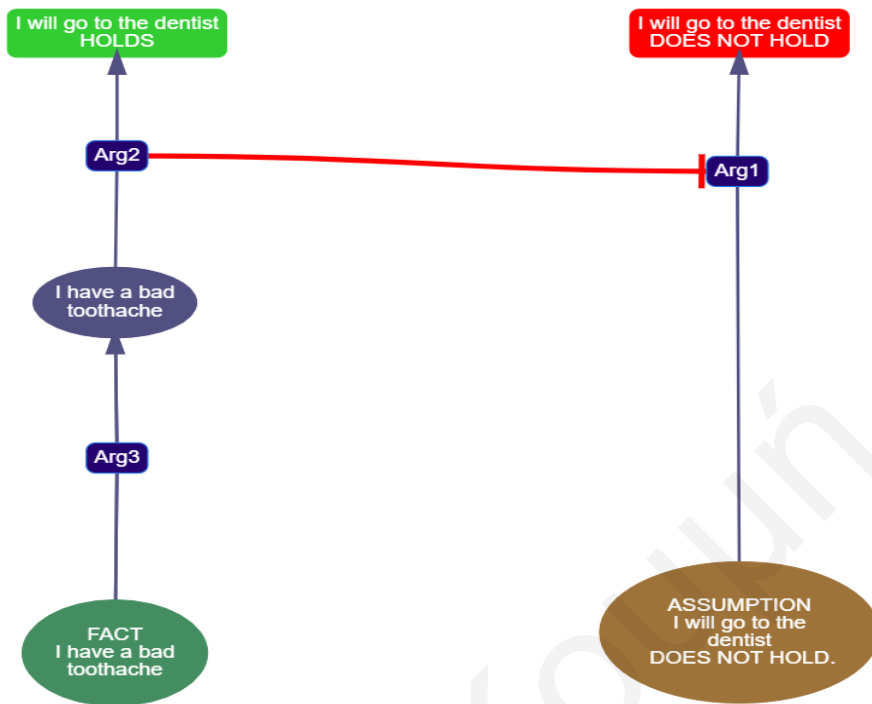


Figure 17 Γραφική επεξήγηση, απάντηση Yes

### 6.9.3 Παράδειγμα 3 Απάντηση No

## Γεγονότα/Ερώτηση

Figure 18 Τα γεγονότα που θεωρούμε ότι ισχύουν μαζί με την επερώτηση στο σύστημα Ερώτηση 3

### Λεκτική επεξήγηση

"I will go to the dentist" does not hold because:

The conclusion "I will go to the dentist" does not hold, because:

The given fact

- The dentist has **not** an appointment available

supports the conclusion

- I will **not** go to the dentist

Close

Figure 19 Επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, απάντηση No

### Γραφική επεξήγηση

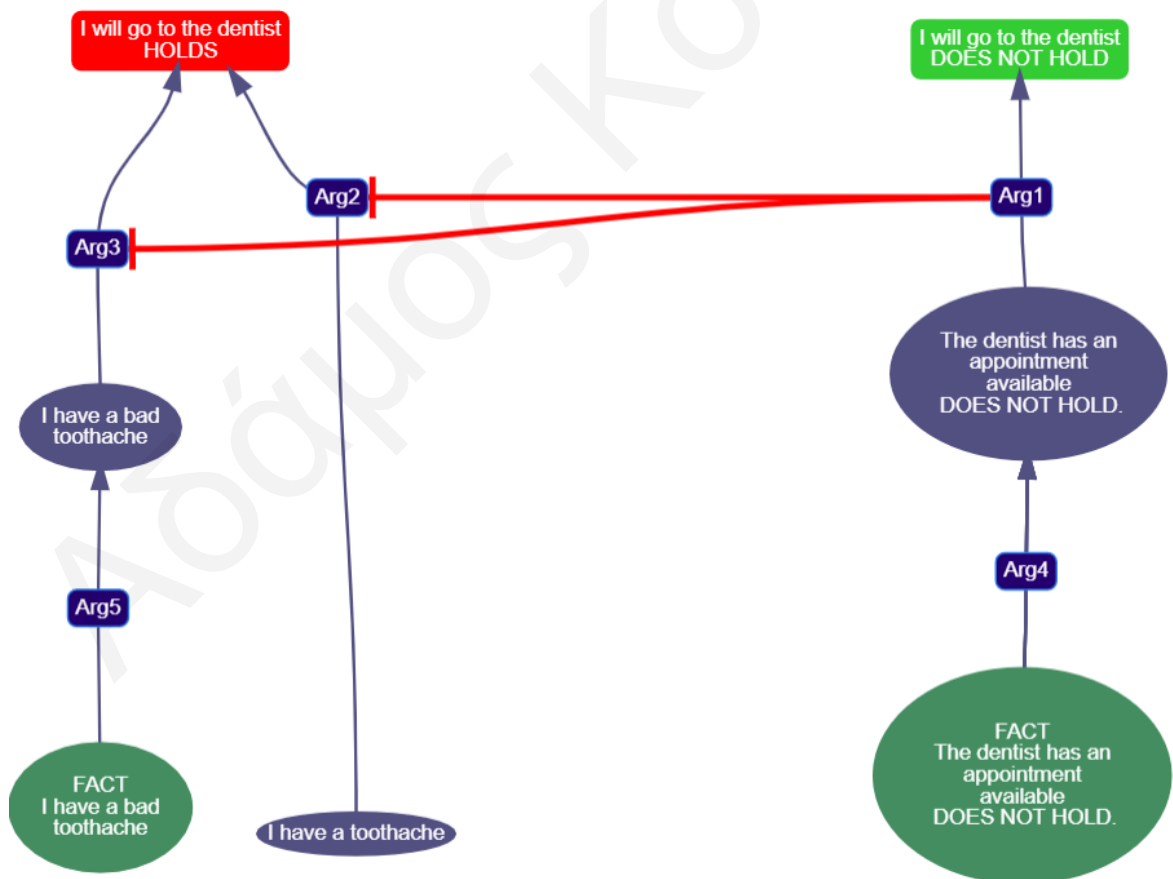


Figure 20 Γραφική επεξήγηση, απάντηση No

## 6.10 Ολοκληρωμένο παράδειγμα Explanatory mode

Θέμα ιστορίας : Study Library

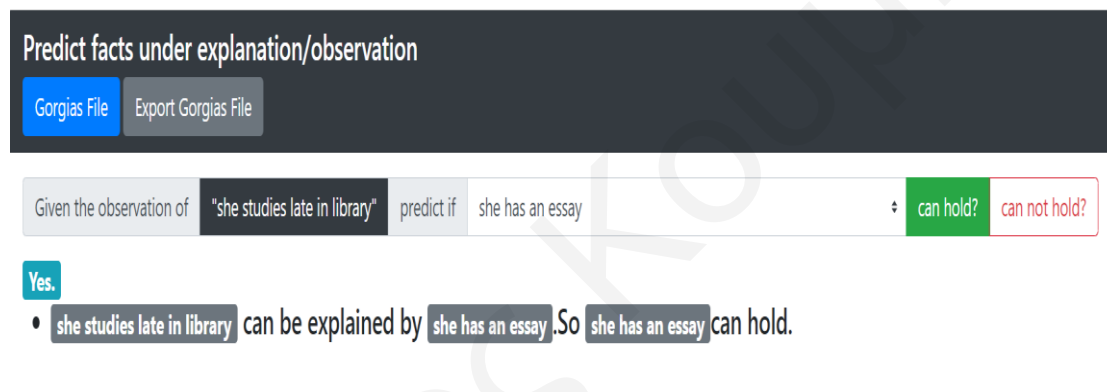
### Προτάσεις

If she has an essay **then** she will study in library.

If she has an exam **then** she will study in library.

**Only If** the library is not closed **then possibly** she will study in library.

### 6.10.1 Παράδειγμα 1



The screenshot shows a software interface for "Predict facts under explanation/observation". It features two buttons: "Gorgias File" and "Export Gorgias File". Below these, there is a text input field with the observation "she studies late in library" and a prediction field with "she has an essay". To the right of the prediction field are two buttons: "can hold?" (green) and "can not hold?" (red). Below the input fields, a "Yes." button is visible. A list of results shows a bullet point: "she studies late in library can be explained by she has an essay, So she has an essay can hold."

Figure 21 Explanatory mode Παράδειγμα 1

Στο παράδειγμα θεωρούμε δεδομένο ότι το συμπέρασμα “she studies in library” ισχύει και επερωτούμε το σύστημα αν μπορεί να ισχύσει το επιχείρημα “she has an essay”.

Η απάντηση του συστήματος είναι ότι μπορεί να ισχύει επειδή το “she studies in library” είναι συνέπεια του “she has an essay”.

## 6.10.2 Παράδειγμα 2

Predict facts under explanation/observation

Gorgias File Export Gorgias File

Given the observation of "she studies late in library" predict if she has an essay

can hold? can not hold?

Yes.

- We can assume she has an essay cannot hold.

Because:

- she studies late in library can be explained by she has an exam.

Figure 22 Explanatory mode Παράδειγμα 2

Στο παράδειγμα θεωρούμε δεδομένο ότι το συμπέρασμα “she studies in library” ισχύει και επερωτούμε το σύστημα αν μπορεί να μην ισχύει το επιχείρημα “she has an essay”.

Η απάντηση του συστήματος είναι ότι μπορεί να μην ισχύει το “she has an essay” επειδή το συμπέρασμα study in library μπορεί να στηριχθεί από το επιχείρημα “she has an exam”.

## 6.10.3 Παράδειγμα 3

Predict facts under explanation/observation

Gorgias File Export Gorgias File

Given the observation of "she studies late in library" cannot hold. predict if library is closed

can hold? can not hold?

Yes.

- she studies late in library does not hold can be explained by library is closed .So library is closed can hold.

Figure 23 Explanatory mode Παράδειγμα 3

Στο παράδειγμα θεωρούμε δεδομένο ότι το συμπέρασμα “she studies in library” δεν ισχύει και επερωτούμε το σύστημα αν μπορεί να ισχύει το επιχείρημα “library is closed”.

Η απάντηση του συστήματος είναι ότι μπορεί να ισχύει επειδή το “she **not** studies in library” είναι συνέπεια του “library is closed”.

#### 6.10.4 Παράδειγμα 4

The screenshot shows a web interface titled "Predict facts under explanation/observation". At the top, there are two buttons: "Gorgias File" and "Export Gorgias File". Below this, there is a text input field containing "Given the observation of 'she studies late in library' cannot hold. predict if library is closed". Underneath the input field, there are two buttons: "can hold?" and "can not hold?". Below these buttons, there is a "Yes." button. Underneath the "Yes." button, there are two bullet points:

- she studies late in library does not hold, can be explained by she has an essay does not hold. So she has an essay does not hold.
- We can assume library is closed cannot hold.

Figure 24 Explanatory mode Παράδειγμα 4

Στο παράδειγμα θεωρούμε δεδομένο ότι το συμπέρασμα “she studies in library” δεν ισχύει και επερωτούμε το σύστημα αν μπορεί να μην ισχύει το επιχείρημα “library is closed”.

Η απάντηση του συστήματος είναι ότι μπορεί να μην ισχύει το “library is closed” επειδή το συμπέρασμα “she **not** studies in library” μπορεί να στηριχθεί στο επιχείρημα “she has **not** an essay”.



## Κεφάλαιο 7

### Αξιολόγηση συστήματος

#### 7.1 Εισαγωγή

Η αξιολόγηση του συστήματος έγινε με τη διενέργεια ενός πειράματος στο οποίο έλαβαν μέρος σαράντα άτομα. Το πείραμα είχε ως εξής: δόθηκαν σε σαράντα άτομα τέσσερις ιστορίες, οι οποίες αποτελούνταν από conditional προτάσεις. Τα άτομα που έλαβαν μέρος στο πείραμα, κλήθηκαν να απαντήσουν σε δέκα ερωτήσεις, οι οποίες βασίζονταν πάνω στις ιστορίες. Στη συνέχεια, τους παρουσιάζαμε την απάντηση του συστήματος για την συγκεκριμένη ερώτηση, μαζί με τη γραφική και τη λεκτική επεξήγηση.

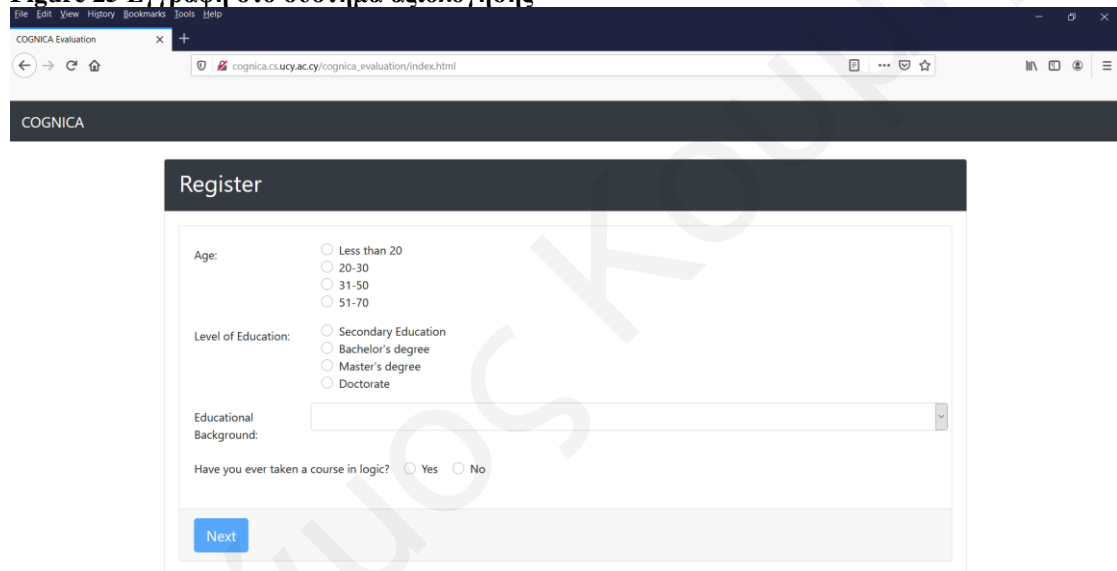
Στη συνέχεια, δίναμε τη δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει την απάντηση του. Όταν ο χρήστης απαντούσε την ερώτηση, μας έλεγε πόσο άνετος είναι με την απάντηση που έχει δώσει. Στη συνέχεια, όταν του δίναμε την ευκαιρία να αλλάξει την απάντηση του, μπορούσε να αλλάξει και το επίπεδο εμπιστοσύνης που είχε για την απάντηση που έδωσε.

## 7.2 Πειραματική διαδικασία

### 7.3 Εγγραφή στο σύστημα

Αρχικά, ο χρήστης ήταν υποχρεωμένος να μας δώσει μερικά δημογραφικά στοιχεία για τον εαυτό του. Τα στοιχεία τα οποία περνάμε από το χρήστη είναι τα ακόλουθα: Ηλικιακή ομάδα, επίπεδο μόρφωσης και τομέας σπουδών. Επιπρόσθετα, ζητούσαμε από τον χρήστη να μας πληροφορήσει εάν έχει ξανακάνει μάθημα λογικής.

**Figure 25** Εγγραφή στο σύστημα αξιολόγησης



The screenshot shows a web browser window with the URL [cognica.cs.ucy.ac.cy/cognica\\_evaluation/index.html](http://cognica.cs.ucy.ac.cy/cognica_evaluation/index.html). The page title is "COGNICA Evaluation". The main content is a registration form titled "Register". The form contains the following fields and options:

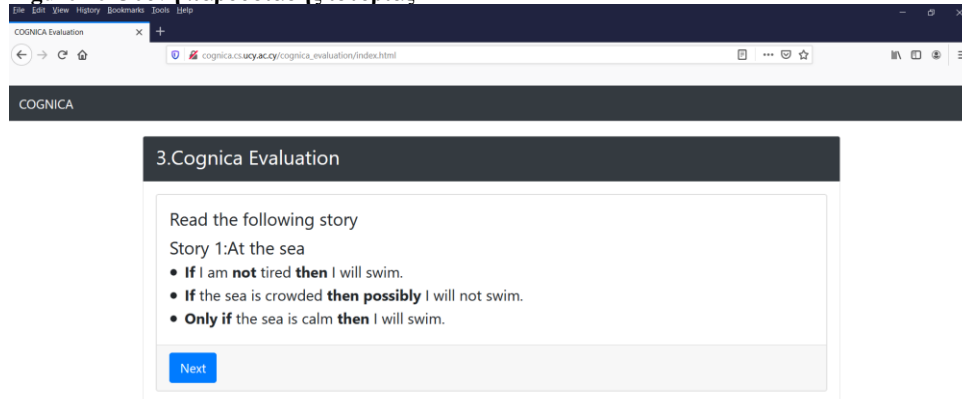
- Age:** Radio buttons for "Less than 20", "20-30", "31-50", and "51-70".
- Level of Education:** Radio buttons for "Secondary Education", "Bachelor's degree", "Master's degree", and "Doctorate".
- Educational Background:** A text input field with a dropdown arrow on the right.
- Have you ever taken a course in logic?:** Radio buttons for "Yes" and "No".
- Next:** A blue button at the bottom left of the form.

Ακολούθως, παρουσιάζαμε στον χρήστη τις οδηγίες για το πώς εκτελείτε το πείραμα μέσω οδηγιών αλλά και ενός εισαγωγικού βίντεο. Στη συνέχεια, πατώντας Next, ξεκινούσε η πειραματική διαδικασία.

### 7.4 Πειραματική διαδικασία

Παρουσιάζαμε στον συμμετέχοντα μία ιστορία και το θέμα της ιστορίας. Αφού ο χρήστης την διάβαζε, μπορούσε να προχωρήσει στις ερωτήσεις της ιστορίας.

Figure 26 Οθόνη παρουσίασης ιστορίας



## Ερώτηση

Στην οθόνη, πριν τις ερωτήσεις, παρουσιάζονται τα γεγονότα που ισχύουν στο σενάριο της ιστορίας και ακολούθως η ερώτηση. Στη συνέχεια, ο χρήστης καλείτο να επιλέξει μία απάντηση εκ των ακολουθούν επιλογών: Yes/No/Maybe. Επίσης, έπρεπε να επιλέξει το επίπεδο εμπιστοσύνης που είχε για την απάντησή του. Οι επιλογές που είχε για το επίπεδο εμπιστοσύνης ήταν: High, Medium και Low.

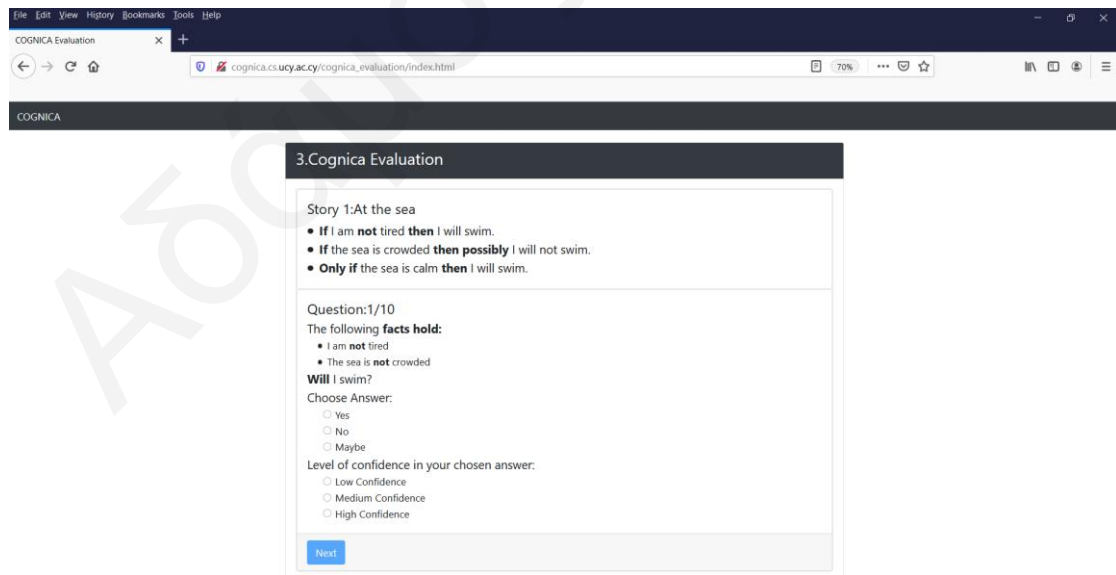


Figure 27 Οθόνη παρουσίασης ερώτησης

Ακολούθως, πατώντας Next μεταφερόταν στην οθόνη όπου εμφανίζεται το αποτέλεσμα του συστήματος μαζί με την λεκτική και γραφική επεξήγηση. Ο χρήστης έπρεπε υποχρεωτικά να μελετήσει μία εκ των δύο επεξηγήσεων για να μπορέσει να προχωρήσει.

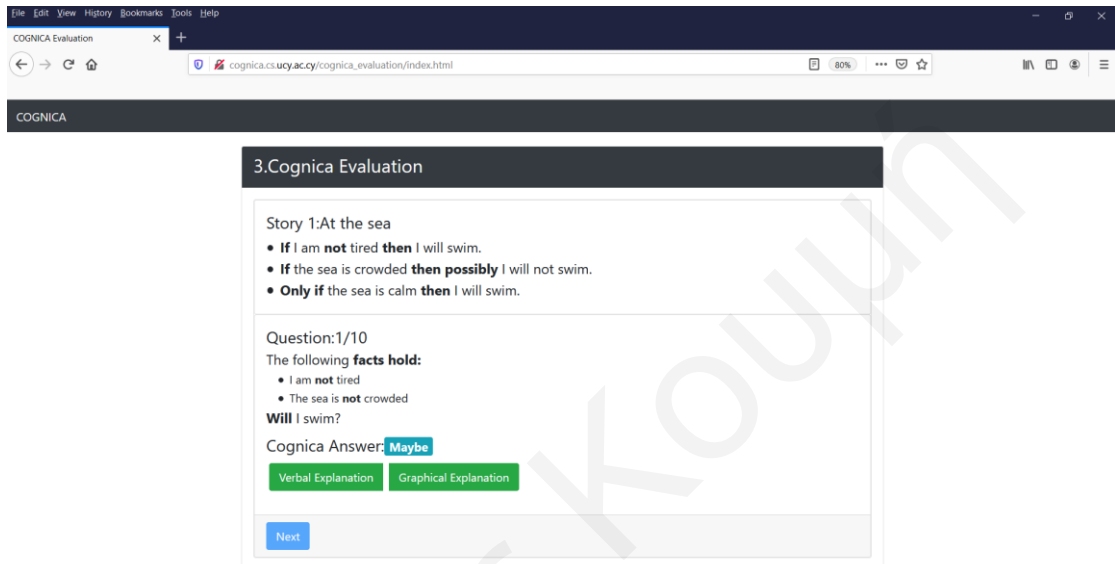


Figure 28 Οθόνη παρουσίασης απάντησης συστήματος

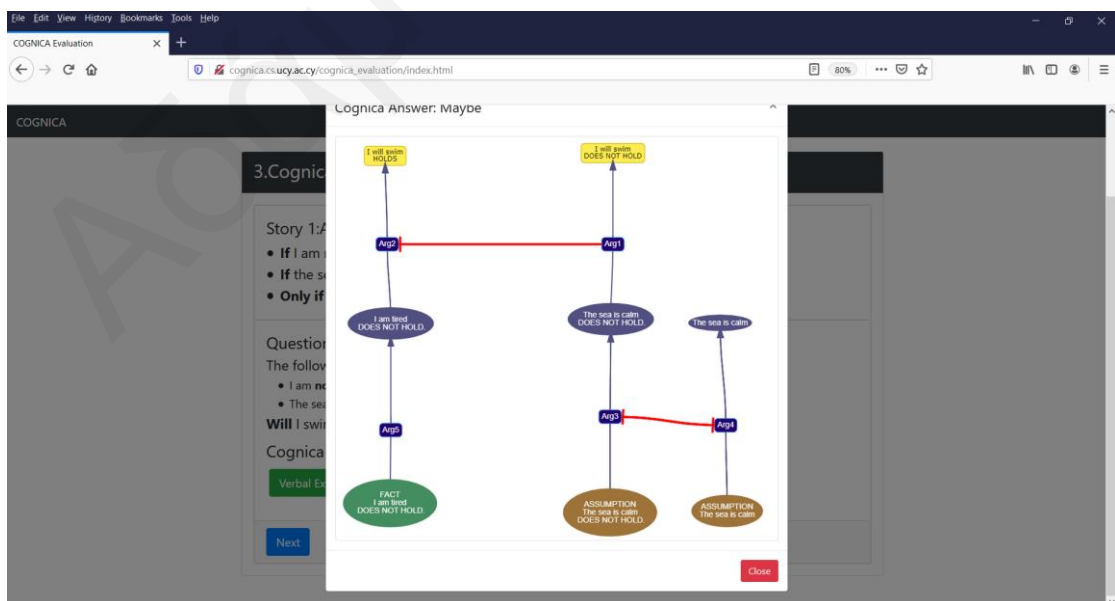
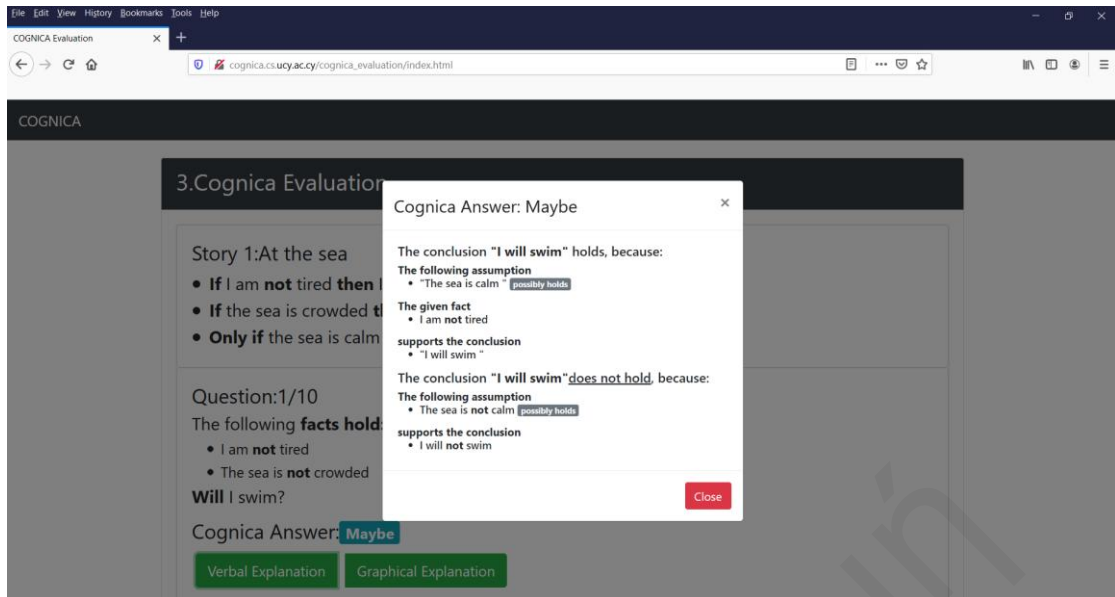
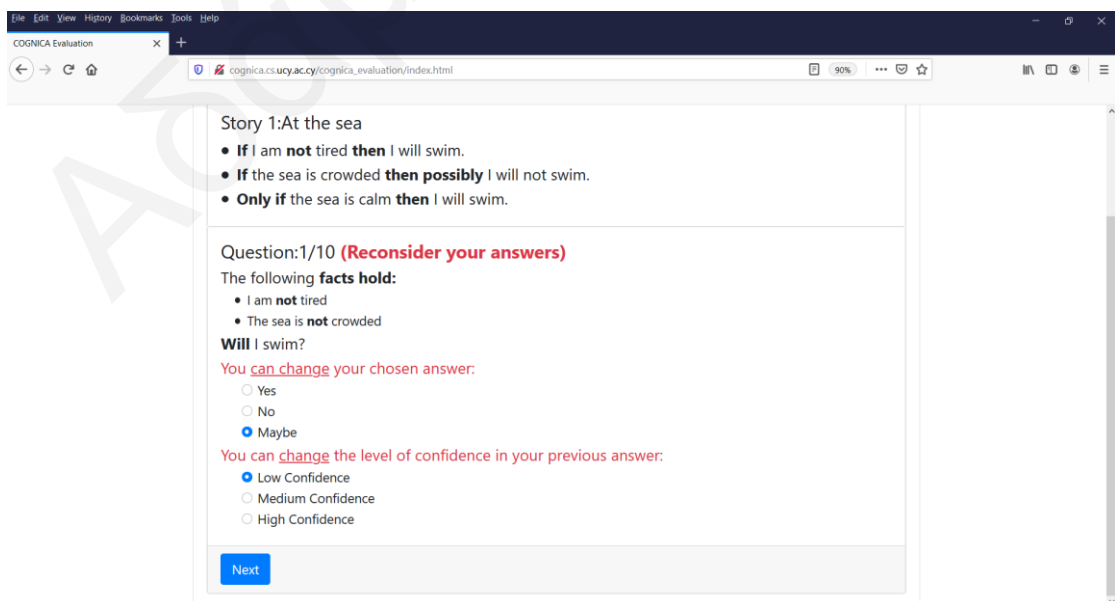


Figure 29 Οθόνη παρουσίασης γραφικής επεξήγησης



**Figure 30** Οθόνη παρουσίασης λεκτικής επεξήγησης

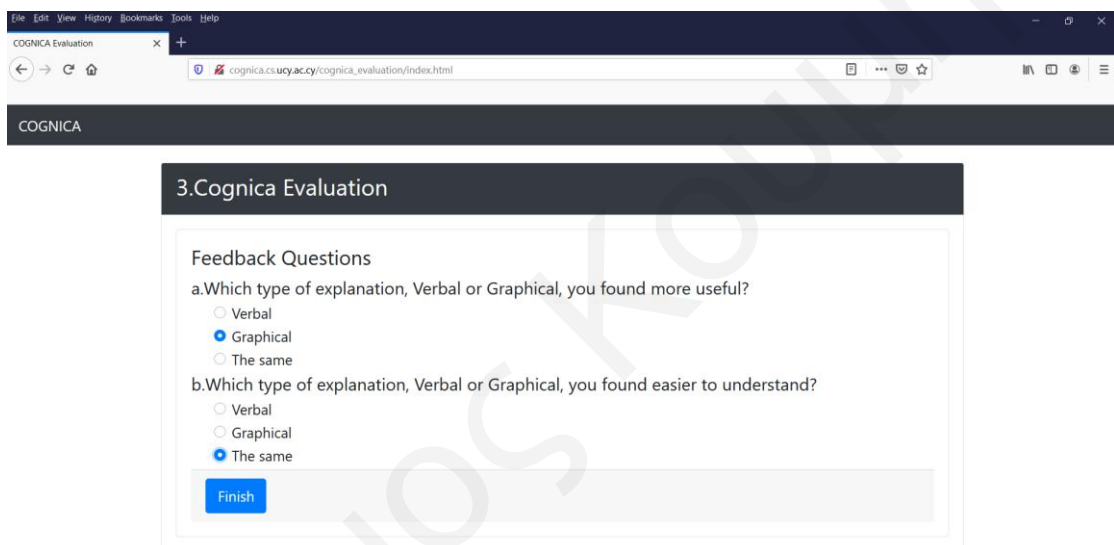
Αφού ο χρήστης μελετούσε τις επεξηγήσεις, μεταφερόταν πατώντας το κουμπί Next στην οθόνη, όπου του δινόταν η ευκαιρία να αλλάξει την απάντησή του και το επίπεδο εμπιστοσύνης που είχε σε αυτή, βάσει τις απαντήσεις και τις επεξηγήσεις που διάβασε από το σύστημα. Αν το σύστημα δεν τον είχε πείσει μπορούσε να μην αλλάξει τίποτα.



**Figure 31** Οθόνη αλλαγής της απάντησης μετά που ο χρήστης διάβασε την ιστορία

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνονταν μέχρι ο χρήστης να απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις της ιστορίας. Έπειτα, εμφανιζόταν άλλη ιστορία με τις δικές τις ερωτήσεις και επαναλαμβάνονταν η ίδια διαδικασία.

Όταν ο χρήστης απαντούσε σε όλες τις ερωτήσεις, του γινόταν η ερώτηση ποιο από τα δύο ήδη επεξήγησης, ήταν πιο χρήσιμο για αυτόν και ποιο ήταν πιο εύκολο να αντιληφθεί.



The screenshot shows a web browser window with the URL [cognica.cs.ucy.ac.cy/cognica\\_evaluation/index.html](http://cognica.cs.ucy.ac.cy/cognica_evaluation/index.html). The page content is titled "3.Cognica Evaluation" and contains a "Feedback Questions" section. The questions are:

- a. Which type of explanation, Verbal or Graphical, you found more useful?
  - Verbal
  - Graphical
  - The same
- b. Which type of explanation, Verbal or Graphical, you found easier to understand?
  - Verbal
  - Graphical
  - The same

At the bottom of the form is a blue "Finish" button.

**Figure 32**Feedback Questions

## 7.5 Στόχοι αξιολόγησης του συστήματος

Μέσω του πειράματος δεν θέλουμε μόνο να αξιολογήσουμε κατά πόσο είναι σωστές σύμφωνα με τους συμμετέχοντες οι απαντήσεις του συστήματος. Θέλουμε να διαπιστώσουμε εάν το σύστημα μπορεί μέσω της αιτιολόγησης που δίνει για τις απαντήσεις του, να πείσει τους χρήστες να αλλάξουν τις δικές τους αποφάσεις. Ακόμη, αν οι απαντήσεις τους συμφωνούν με το σύστημα, θέλουμε να διαπιστώσουμε εάν θα αλλάξουν το επίπεδο εμπιστοσύνης προς τις απαντήσεις τους.

## 7.6 Αποτελέσματα αξιολόγησης

Στο πείραμα συμμετείχαν σαράντα άτομα και απάντησαν συνολικά σε δέκα ερωτήσεις το κάθε άτομο. Παρατηρώντας τα ποσοστά των ατόμων που απάντησαν την ίδια απάντηση με το σύστημα, πριν το σύστημα δώσει την απάντηση του, παρατηρούμε ότι ένα ποσοστό της τάξης του 71% έδωσαν την ίδια απάντηση με το σύστημα. Το 71% είναι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό για να μας κάνει να συμπεράνουμε ότι τα συμπεράσματα του συστήματος είναι σωστά.



Figure 33 Ίδια απάντηση με Cognica πριν δοθεί η απάντηση του Cognica

Αυτό που μας χαροποιεί ιδιαίτερα όμως, είναι ότι το ποσοστό των ατόμων που έδωσαν την ίδια απάντηση με το σύστημα, μετά που είδαν την απάντηση του συστήματος και την αιτιολόγηση, αυξάνεται κατά 14% και φτάνει το 85%. Η αύξηση του ποσοστού, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η γνώμη πολλών χρηστών άλλαξε μετά που είδαν την απάντηση και την αιτιολόγηση από το σύστημα.

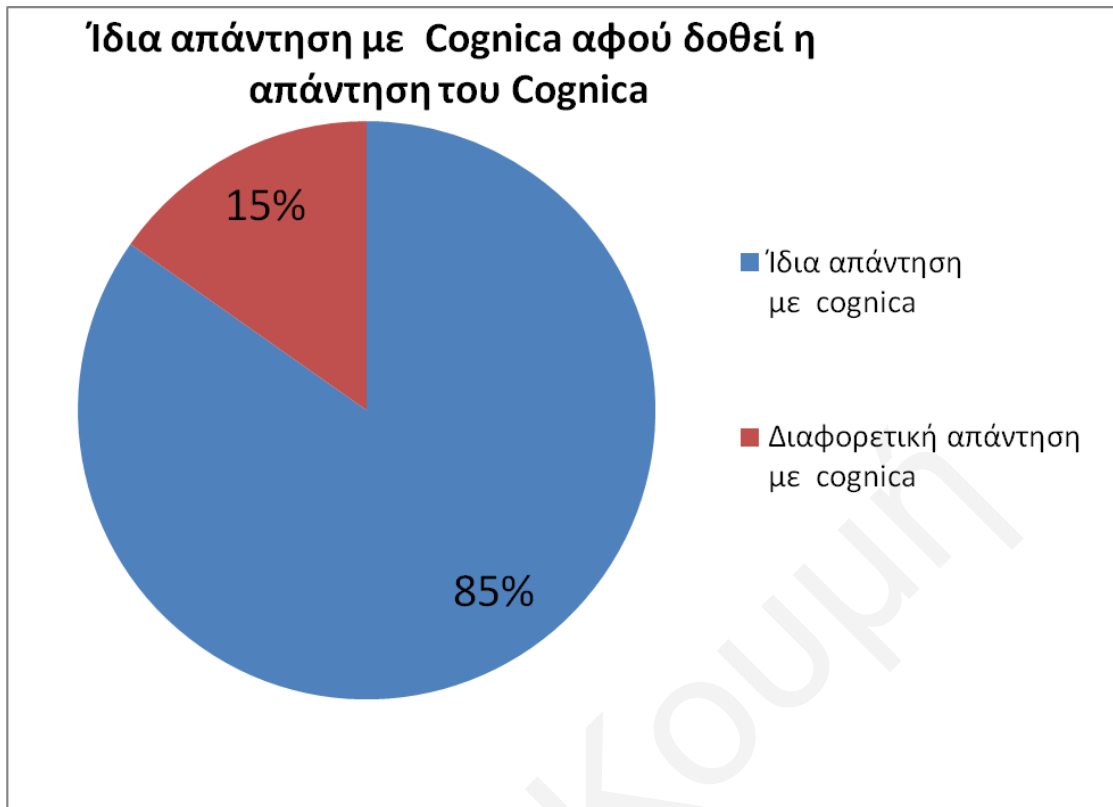


Figure 34 Ίδια απάντηση με Cognica αφού δοθεί η απάντηση του Cognica

### 7.6.1 Level of confidence

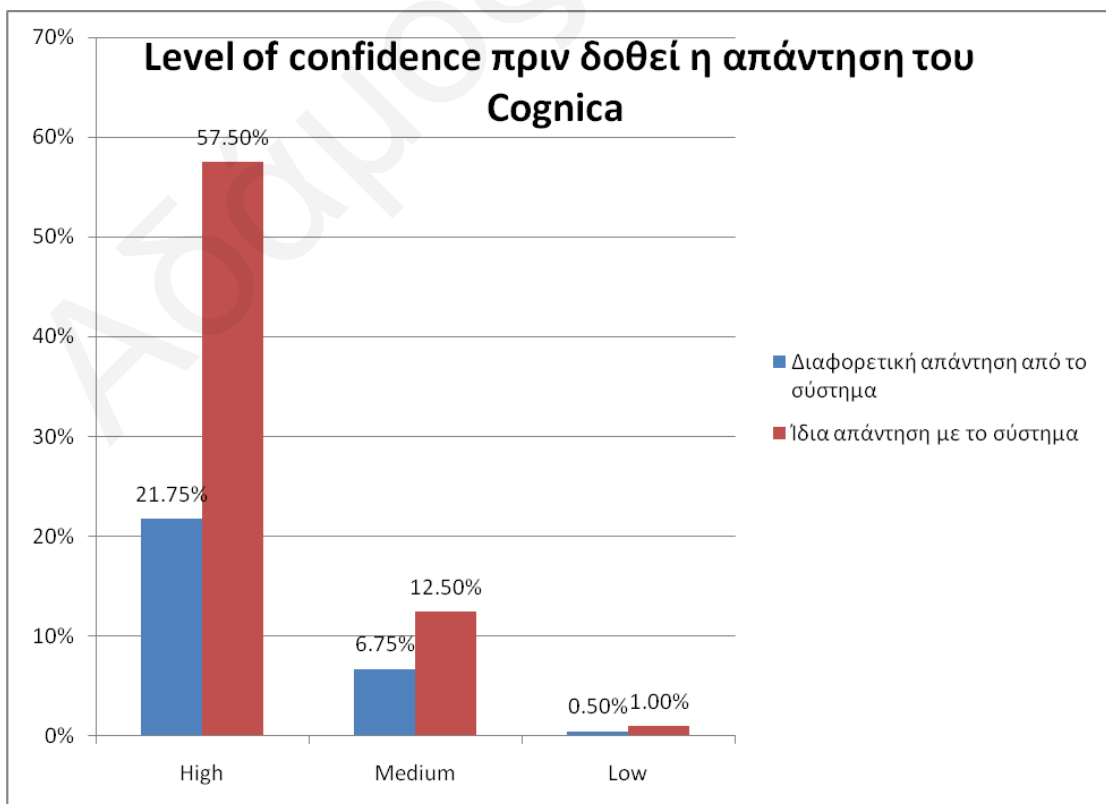
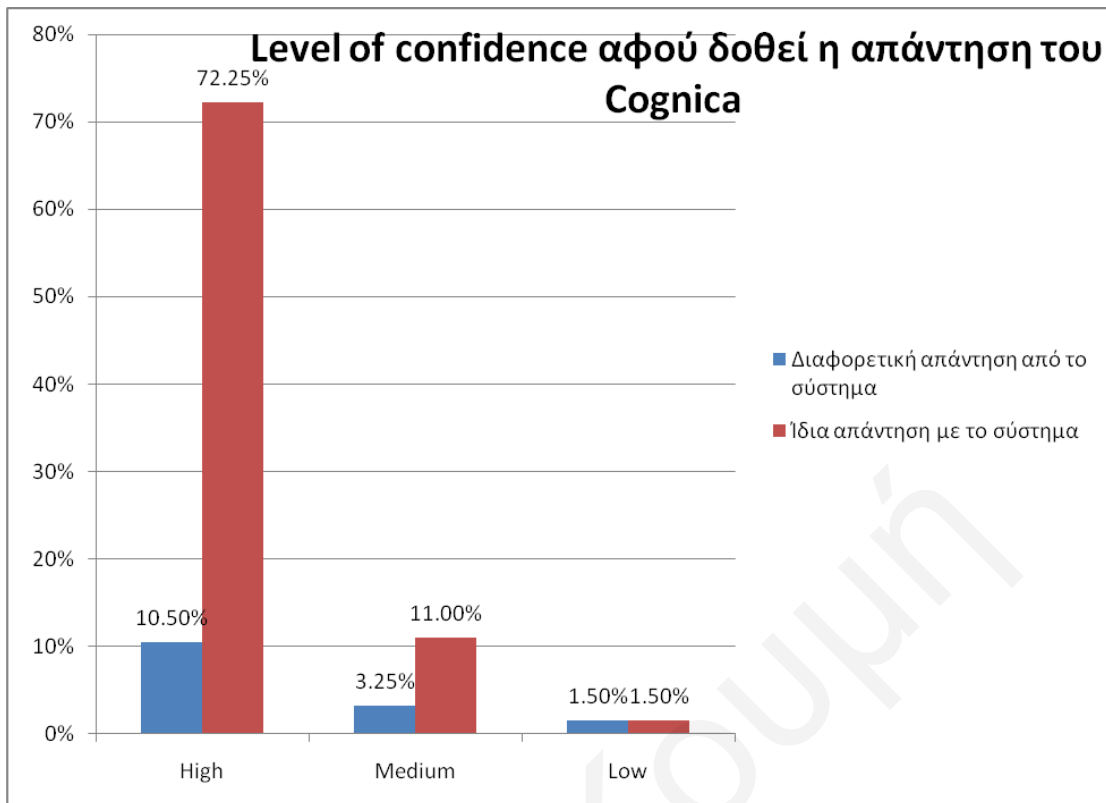


Figure 35 Level of confidence πριν δοθεί η απάντηση του Cognica





**Figure 36 Level of confidence αφού δοθεί η απάντηση του Cognica**

Όσον αφορά τα επίπεδα εμπιστοσύνης που έχουν οι χρήστες στην απάντηση που έδωσαν στο σύστημα, παρατηρούμε ότι το ποσοστό των χρηστών που είχαν δώσει ίδια απάντηση με το σύστημα και δηλώσει High level of confidence, αυξάνεται από 58%, πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος, σε 72% αφότου δόθηκε. Επίσης, από το ποσοστό των ατόμων που έδωσαν διαφορετική απάντηση από το σύστημα και δήλωσαν High level of confidence, μειώνεται από 22% πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος, σε 11% αφότου δόθηκε. Επιπρόσθετα, το ποσοστό των ατόμων που είχαν δώσει ίδια απάντηση με το σύστημα και medium level of confidence, μειώνεται από 13% πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος, σε 11% αφότου δόθηκε.

Η αύξηση του ποσοστού των ατόμων που δηλώσαν High level of confidence, αφού διάβασαν το αποτέλεσμα και την αιτιολόγηση του συστήματος κατά 14 μονάδες, αλλά και τα χαμηλά ποσοστά ατόμων που δήλωσαν low level of confidence (της

τάξης του 2%) αφότου διάβασαν την απάντηση του συστήματος, μας αφήνουν να συμπεράνουμε ότι το σύστημα παρέχει σωστές αιτιολογήσεις που μπορούν να κερδίσουν την εμπιστοσύνη των χρηστών.

Αριθμός ερώτησης	High level of confidence		Low level of confidence		Medium level of confidence	
	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα
0	18	19				3
1	4	32		1	1	2
2	16	13	1		4	6
3	2	27			2	9
4	8	26		1	1	4
5	6	22			5	7
6	1	33		1	3	2
7	18	10		1	5	6
8	2	29			2	7
9	12	19	1		4	4
<b>Σύνολα</b>	<b>87</b>	<b>230</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>50</b>

Table 1 Απαντήσεις χρηστών σε σχέση με τις απαντήσεις του συστήματος πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος

Αριθμός ερώτησης	High level of confidence		Low level of confidence		Medium level of confidence	
	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα	Ίδια απάντηση με το σύστημα
0	5	25	1		3	6
1	3	34				3
2	9	20	1	1	3	6
3	1	33	1		2	3
4	5	30		1		4
5	2	30	1		3	4
6	1	35		2		2
7	11	19	1	1		8
8		37				3
9	5	26	1	1	2	5
<b>Σύνολα</b>	<b>42</b>	<b>289</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>44</b>

Table 2 Απαντήσεις χρηστών σε σχέση με τις απαντήσεις του συστήματος αφού δοθεί η απάντηση του συστήματος

## 7.6.2 Ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ χρηστών και συστήματος



Figure 37 Ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ χρηστών και συστήματος

Στις ερωτήσεις οκτώ , δέκα , και ένα υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των απαντήσεων των χρηστών και του συστήματος. Αυτό ίσως συμβαίνει επειδή η απάντηση του συστήματος είναι maybe στις συγκεκριμένες ερωτήσεις και ο χρήστης απάντα αρχικά Yes ή No.

Αριθμός ερώτησης	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος	Διαφορετική απάντηση από το σύστημα αφού δοθεί η απάντηση του συστήματος	Απάντηση του συστήματος
1	18	9	Maybe
2	5	3	No
3	21	13	Yes
4	4	4	Maybe
5	9	5	No
6	11	6	No
7	4	1	Yes
8	23	12	Maybe
9	4	0	Maybe
10	17	8	Maybe

Table 3 Διαφορετικές απαντήσεις από το σύστημα ανά ερώτηση

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε και από το σχετικό πίνακα στις συγκεκριμένες ερωτήσεις(8,10,1) όταν οι χρήστες βλέπουν την απάντηση του συστήματος ο αριθμός των χρηστών που δίνει διαφορετική απάντηση από το σύστημα μειώνεται σχεδόν στο μισό σε όλες τις ερωτήσεις. Αυτό συμβαίνει μάλλον επειδή είναι πιο εύκολο να πειστούν οι χρήστες να ανασκευάσουν την απάντησή τους από Yes ή No σε Maybe.

Αριθμός ερώτησης	Απαντήσεις χρηστών πριν δοθεί η απάντηση του συστήματος				Απαντήσεις των χρηστών αφού δοθεί η απάντηση του συστήματος			
	Maybe	No	Yes	Σύνολο απαντήσεων	Maybe	No	Yes	Σύνολο απαντήσεων
1	22	4	14	40	31	2	7	40
3	20	1	19	40	13		27	40
8	17		23	40	28		12	40
10	23	8	9	40	32	2	6	40

**Table 4 Η απαντήσεις των χρηστών στις ερωτήσεις με μεγάλη διαφοροποίηση στις απαντήσεις μεταξύ χρηστών και συστήματος**

Ακόμη υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των απαντήσεων των χρηστών και του συστήματος στην ερώτηση τρία:

**Story 1:At the sea**

**Question:3/10**

**If I am not tired then I will swim.**

The following **facts hold**:

**If the sea is crowded then possibly I will not swim.**

- I am not tired
- The sea is calm

**Only if the sea is calm then I will swim.**

**Will I swim?**

Στην συγκεκριμένη ερώτηση η απάντηση του συστήματος είναι Yes . Η πλειοψηφία των χρηστών που δεν έδωσαν την ίδια απάντηση με το σύστημα απάντησαν maybe ( 20 άτομα). Αυτό συμβαίνει ίσως εξαιτίας της δεύτερης πρότασης της ιστορίας “If the sea is crowded then possibly I will not swim” όπου οι χρήστες μπορεί να θεώρησαν ότι μπορεί να μην κολυμπήσει ο ήρωας της ιστορίας επειδή μπορεί να μην

ικανοποιείται η συνθήκη της συγκεκριμένης πρότασης (Δεν γνωρίζουμε αν ισχύει από τα γεγονότα).

### 7.6.3 Αξιολόγηση των δύο ειδών επεξήγησης

Η συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών επέλεξε ότι ήταν χρήσιμη και πιο εύκολη στην κατανόηση η λεκτική επεξήγηση. Αφού ένα ποσοστό 65% ανέφερε ότι ήταν πολύ πιο χρήσιμη η λεκτική επεξήγηση και ένα ποσοστό 75% δήλωσε ότι είναι πιο εύκολα κατανοητή. Αυτό το φαινόμενο ίσως συμβαίνει επειδή χρηστές ήταν περισσότερο εξοικειωμένοι με την λεκτική επεξήγηση σε φυσική γλώσσα, από ότι με τη γραφική επεξήγηση με την χρήση γράφου. Ακόμη, ίσως το βίντεο που εξηγούσε περιληπτικά το πώς θα πρέπει να ερμηνεύσουμε τον γράφο, να μην ήταν αρκετό για να αντιληφθούν οι χρήστες πώς θα έπρεπε να τον ερμηνεύσουν.

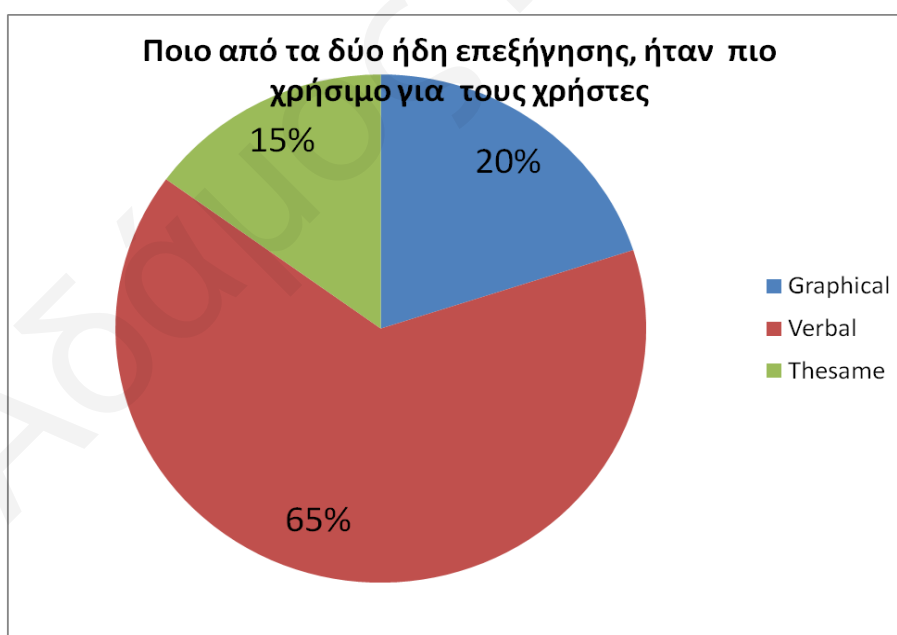


Figure 38 Ποιο χρήσιμο είδος επεξήγησης.

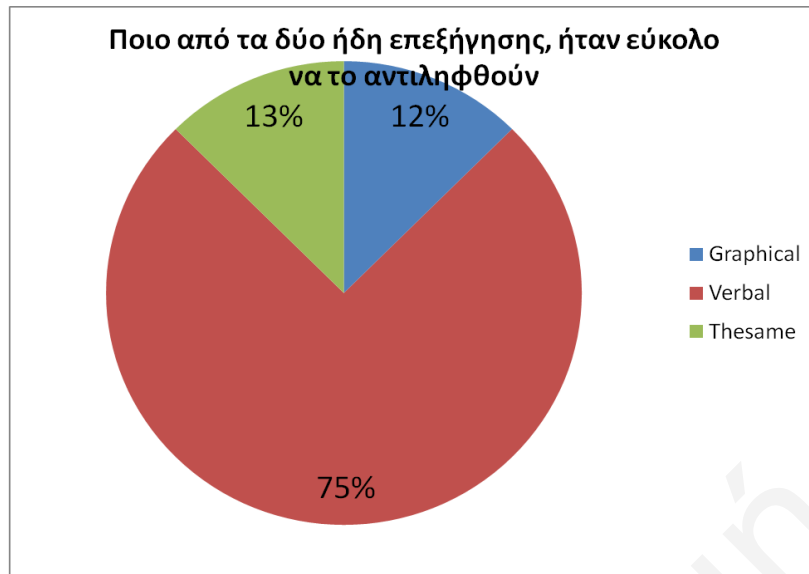


Figure 39 Ποιο κατανοητό είδος επεξήγησης.

## Κεφάλαιο 8

### Επίλογος Μελλοντική εργασία

#### 8.1 Μελλοντική εργασία

##### 8.1.1 Προσθήκη Explanatory mode

Μια μελλοντική επέκταση που μπορεί να γίνει στο σύστημα, είναι το να προσθέσουμε μία καινούργια λειτουργία: απάντησης ερωτήσεων στην οποία, γνωρίζοντας ότι κάποιο συμπέρασμα από τις προτάσεις ισχύει, θα ερωτάται το σύστημα εάν κάποια συγκεκριμένη συνθήκη μπορεί να ισχύει.

Το σύστημα θα χρησιμοποιεί τα διανοητικά μοντέλα από τις προτάσεις αντίστροφα αυτή τη φορά, για να προσπαθήσει να συμπεράνει αν η συγκεκριμένη συνθήκη μπορεί να ισχύει. Μια τέτοια προσπάθεια όπως έχουμε προαναφέρει έχει γίνει παλαιότερα σε παλαιότερη έκδοση του Cognica, η οποία δεχόταν προτάσεις μόνο δύο τύπων: Enabling και Biconditional. Μια αρκετά καλή μελλοντική επέκταση του συστήματος θα ήταν να υλοποιηθεί το Explanatory mode και για τους υπόλοιπους τύπους προτάσεων.

##### 8.1.2 Επέκταση CNL

Η CNL που ορίσαμε υποστηρίζει μόνο άρνηση χρησιμοποιώντας μόνο τη λέξη not. Μία μελλοντική επέκταση που θα μπορούσε να γίνει στο σύστημα, είναι η υποστήριξη των συνδετικών λέξεων and και or τουλάχιστον σε πρώτο στάδιο, μέσα

στο κείμενο των συνθηκών των προτάσεων. Αυτό θα ήταν ιδιαίτερα βοηθητικό για να εκφράζονται πιο πολύπλοκες προτάσεις.

### **8.1.3 Επέκταση πειράματος**

Το πείραμα έγινε με την συμμετοχή σαράντα ατόμων και είχαμε αρκετά καλά αποτελέσματα. Μελλοντικά θα μπορούσε να γίνει σε μία πιο ευρεία κλίμακα με τη συμμετοχή περισσότερων χρηστών, για την εξαγωγή καλύτερων συμπερασμάτων. Επίσης, θα μπορούσε να αλλάξει η διαδικασία του πειράματος και να διεξάγεται σε δύο μέρες. Στη μία μέρα θα απαντούσαν ερωτήσεις για ένα σύνολο από ιστορίες και στην επόμενη μέρα θα απαντούσαν ερωτήσεις για ένα άλλο σύνολο από ιστορίες. Από τις απαντήσεις, θα συμπεραίναμε κατά πόσο οι απαντήσεις που είδαν οι χρήστες από το σύστημα την πρώτη μέρα, επηρέασαν τον τρόπο σκέψης τους, στις απαντήσεις της επόμενης ημέρας .

### **8.2 Επίλογος /Συμπεράσματα**

Το σύστημα θεωρούμε ότι πέτυχε τον σκοπό του σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Με το συνδυασμό της γνωστικής ψυχολογίας και της επιχειρηματολογίας, πετύχαμε να φτιάξουμε ένα σύστημα το οποίο μπορεί να βγάζει συμπεράσματα βασιζόμενο στη γνώση που του εισάγουμε και επίσης μπορεί να αιτιολογεί τα συμπεράσματα του, μέσω λεκτικής και γραφικής επεξήγησης. Ο συνδυασμός της γνωστικής ψυχολογίας και της επιχειρηματολογίας στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να φέρει εξαιρετικά αποτελέσματα με τη δημιουργία συστημάτων, τα οποία μπορούν να αιτιολογούν τις αποφάσεις τους, με κατανοητό για τον άνθρωπο τρόπο. Γι' αυτό η έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα πρέπει να συνεχιστεί.



## Βιβλιογραφία

- [1] R. M. Byrne and P. N. Johnson-Laird, "If and the problems of conditional reasoning," Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed. ), vol. 13, (7), pp. 282-287, 2009.
- [2] P. Clark et al, "Acquiring and using world knowledge using a restricted subset of english." in Flairs Conference, 2005, .
- [3] E. Dietz Saldanha and A. Kakas, "Cognitive Argumentation and the Suppression Task," ArXiv e-Prints, pp. arXiv: 2002.10149, 2020.
- [4] N. E. Fuchs, K. Kaljurand and T. Kuhn, "Attempto controlled english for knowledge representation," in Reasoning Web Anonymous 2008, .
- [5] U. Furbach et al, "Cognitive Reasoning: A Personal View," KI-Künstliche Intelligenz, vol. 33, (3), pp. 209-217, 2019.
- [6] P. N. Johnson-Laird and R. M. Byrne, "Conditionals: a theory of meaning, pragmatics, and inference." Psychol. Rev., vol. 109, (4), pp. 646, 2002.
- [7] P. Johnson-Laird and S. S. Khemlani, "Mental models and the algorithms of deduction," .
- [8] S. Khemlani and P. N. Johnson-Laird, "Why machines don't (yet) reason like people," KI-Künstliche Intelligenz, vol. 33, (3), pp. 219-228, 2019.
- [9] T. Kuhn, "A survey and classification of controlled natural languages," Computational Linguistics, vol. 40, (1), pp. 121-170, 2014.

[10] A. Vassiliades, N. Bassiliades and T. Patkos, "Argumentation and explainable artificial intelligence: a survey," *The Knowledge Engineering Review*, vol. 36, 2021.

[11] A. Kakas and P. Moraitis, "Argumentation based decision making for autonomous agents", *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pp. 883–890, 2003.

[12] V. Nöel, and A. Kakas, "Gorgias-c: Extending argumentation with constraint solving", *International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, Springer, pp. 535–541, 2009.

# Παράρτημα Α

## Ιστορίες και Ερωτήσεις Αξιολόγησης

Table 5 Οι τέσσερις ιστορίες που δόθηκαν στους χρήστες στο πλαίσιο της αξιολόγησης του συστήματος

<p><b><u>Story 1:At the sea</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>If</b> I am <b>not</b> tired <b>then</b> I will swim.</li><li>• <b>If</b> the sea is crowded <b>then possibly</b> I will <b>not</b> swim.</li><li>• <b>Only if</b> the sea is calm <b>then</b> I will swim.</li></ul>
<p><b><u>Story 2:Vaccination</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>If</b> my community has been hit hard by the virus <b>then possibly</b> I will be infected.</li><li>• <b>If</b> I have been vaccinated <b>then possibly</b> I will <b>not</b> be infected.</li><li>• <b>If</b> I am young, healthy and vaccinated <b>then</b> I will <b>not</b> be infected.</li></ul>
<p><b><u>Story 3:Toothache</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>If</b> I have a toothache <b>then maybe</b> I go to the dentist.</li><li>• <b>If</b> I have a bad toothache <b>then always</b> I go to the dentist.</li><li>• <b>If</b> I have a toothache <b>then possibly</b> I will take a painkiller tablet.</li><li>• <b>If</b> the dentist does <b>not</b> have an appointment available <b>then</b> I will take a painkiller tablet.</li></ul>
<p><b><u>Story 4:Car broken</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>If</b> my car is broken <b>then</b> I will take it to the mechanic.</li><li>• <b>If</b> my car has too much damage <b>then</b> I will get a new car rather than fixing it.</li><li>• <b>Only if</b> I will have enough money to buy a new car <b>then</b> I will get a new car rather than fixing it.</li></ul>

**Table 6 Οι ερωτήσεις ανά ιστορία που δόθηκαν στους χρήστες στο πλαίσιο της αξιολόγησης του συστήματος**

<b><u>Story 1: At the sea</u></b>	
<p><b><u>Question:1/10</u></b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I am <b>not</b> tired</li> <li>• The sea is <b>not</b> crowded</li> </ul> <p><b>Will I swim?</b></p>	<p><b><u>Question:2/10</u></b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I am <b>not</b> tired</li> <li>• The sea is <b>not</b> calm</li> </ul> <p><b>Will I swim?</b></p>
<p><b><u>Question:3/10</u></b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I am <b>not</b> tired</li> <li>• The sea is calm</li> </ul> <p><b>Will I swim?</b></p>	
<b><u>Story 2: Vaccination</u></b>	
<p><b><u>Question:4/10</u></b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• My community has been hit hard by the virus</li> <li>• I have been vaccinated</li> </ul> <p><b>Will I be infected?</b></p>	<p><b><u>Question:5/10</u></b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• My community has been hit hard by the virus</li> <li>• I am young, healthy and vaccinated</li> </ul> <p><b>Will I be infected?</b></p>

**Story 3: Toothache**

**Question:6/10**

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache
- The dentist does **not** have an appointment available

**Will I go to the dentist?**

**Question:7/10**

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache
- The dentist does **not** have an appointment available

**Will I take a painkiller tablet?**

**Question:8/10**

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache

**Will I go to the dentist?**

**Story 4: Car broken**

**Question:9/10**

The following **facts hold**:

- my car has too much damage

**Will I get a new car rather than fixing it?**

**Question:10/10**

The following **facts hold**:

- my car is broken
- I have enough money to buy a new car

**Will I get a new car rather than fixing it?**

Table 7 Οι ερωτήσεις συνοδευόμενες με την λεκτική και την γραφική επεξήγηση

<u>Story 1:At the sea</u>	
<p><b>Question:1/10</b></p> <p>The following <b>facts hold</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I am <b>not</b> tired,</li> <li>• The sea is <b>not</b> crowded</li> </ul> <p><b>Will I swim?</b></p> <p><u>Απάντηση Συστήματος:Maybe</u></p>	
<u>Λεκτική επεξήγηση</u>	
<p>The conclusion "I will swim" holds, because:</p> <p><b>The following assumption</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "The sea is calm " <b>possibly holds</b></li> </ul> <p><b>The given fact</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I am <b>not</b> tired</li> </ul> <p><b>supports the conclusion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "I will swim "</li> </ul> <p>The conclusion "I will swim"<b>does not hold</b>, because:</p> <p><b>The following assumption</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The sea is <b>not</b> calm <b>possibly holds</b></li> </ul> <p><b>supports the conclusion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I will <b>not</b> swim</li> </ul>	
<u>Γραφική επεξήγηση</u>	

**Question:2/10**

The following **facts hold**:

- I am **not** tired
- The sea is **not** calm

**Will I swim?**

Απάντηση Συστήματος: **No**

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "I will swim" does not hold, because:

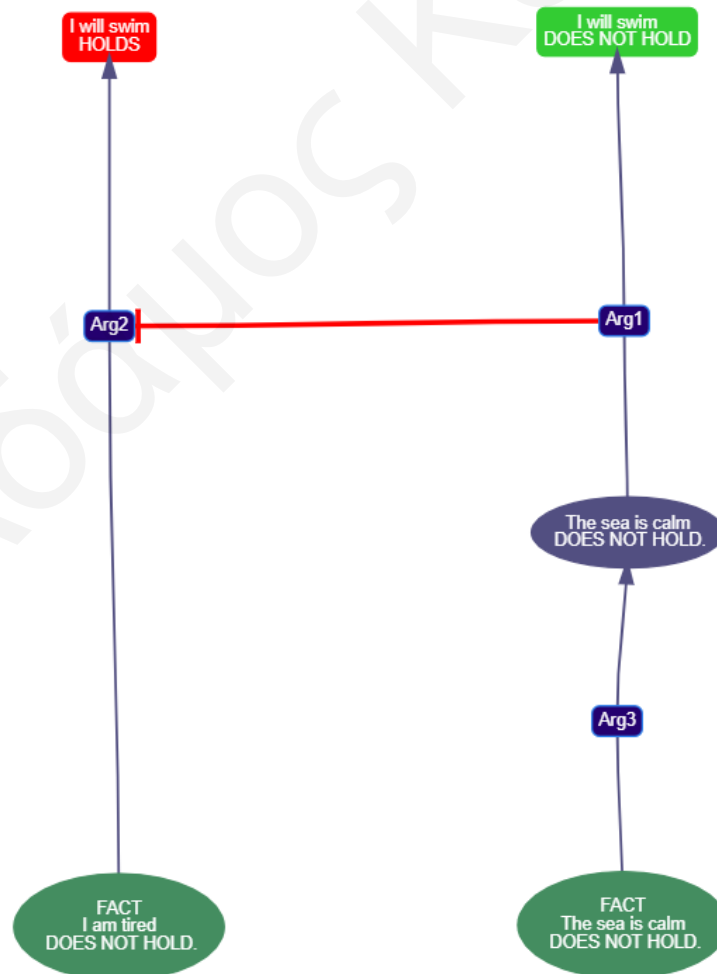
The given fact

- The sea is **not** calm

supports the conclusion

- I will **not** swim

**Γραφική επεξήγηση**



**Question:3/10**

The following **facts hold**:

- I am **not** tired
- The sea is calm

**Will I swim?**

Απάντηση Συστήματος: Yes

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "I will swim" holds, because:

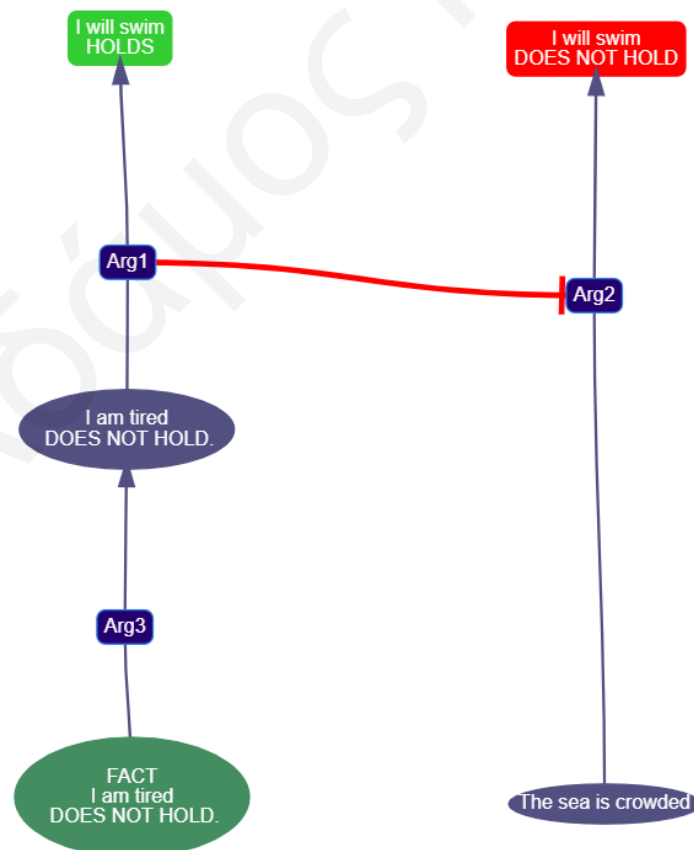
**The given fact**

- I am **not** tired

**supports the conclusion**

- "I will swim "

**Γραφική επεξήγηση**





## Story 2: Vaccination

### Question: 4/10

The following facts hold:

- My community has been hit hard by the virus
- I have been vaccinated

Will I be infected?

Απάντηση Συστήματος: Maybe

### Λεκτική επεξήγηση

The conclusion "I will be infected" holds, because:

The following assumption

- I am **not** young healthy and vaccinated **possibly holds**

The given fact

- "My community has been hit hard by the virus "

supports the conclusion

- "I will be infected "

The conclusion "I will be infected" **does not hold**, because:

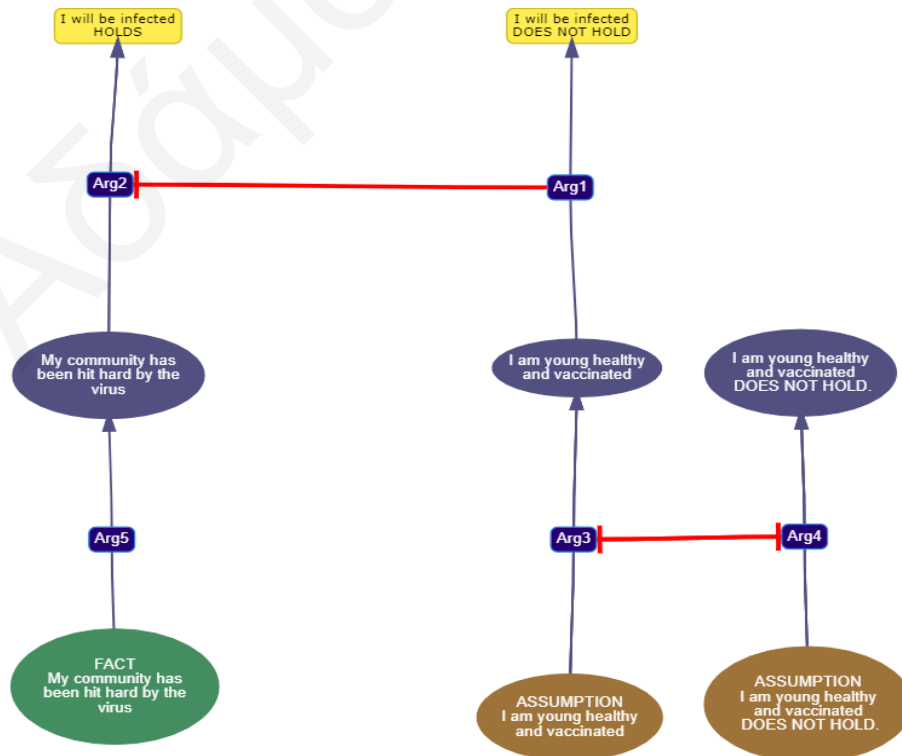
The following assumption

- "I am young healthy and vaccinated " **possibly holds**

supports the conclusion

- I will **not** be infected

### Γραφική επεξήγηση



**Question:5/10**

The following **facts hold**:

- My community has been hit hard by the virus
- I am young, healthy and vaccinated

**Will I be infected?**

Απάντηση Συστήματος: **No**

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "**I will be infected**" does not hold, because:

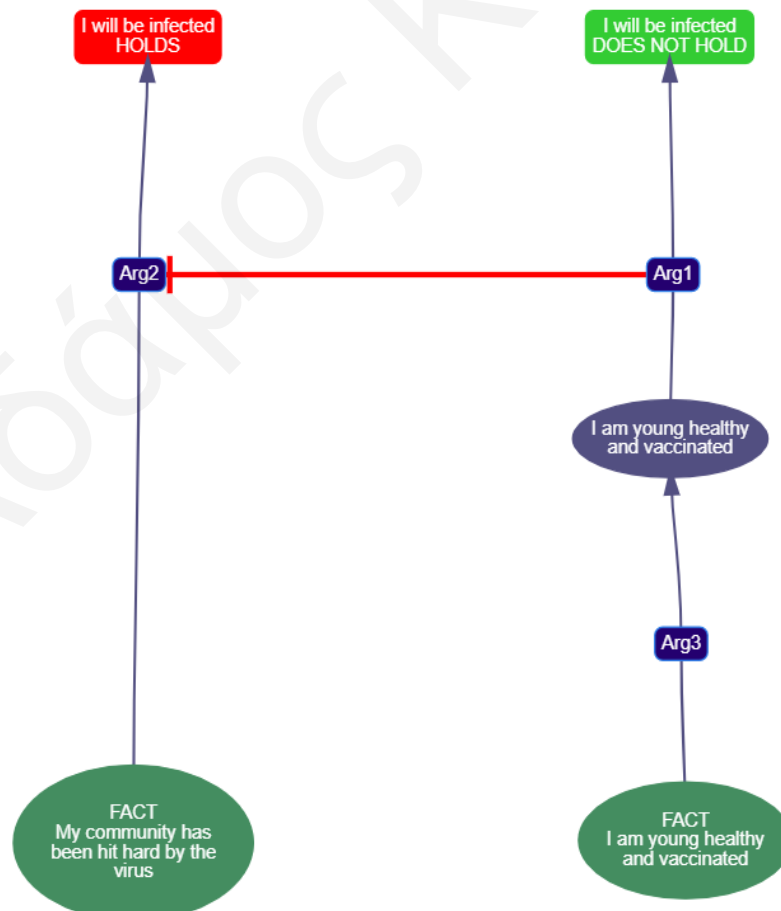
**The given fact**

- "I am young healthy and vaccinated "

**supports the conclusion**

- I will **not** be infected

**Γραφική επεξήγηση**



### Story 3: Toothache

#### Question:6/10

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache
- The dentist does **not** have an appointment available

**Will I go to the dentist?**

Απάντηση Συστήματος: No

#### Λεκτική επεξήγηση

The conclusion "I will go to the dentist" does not hold, because:

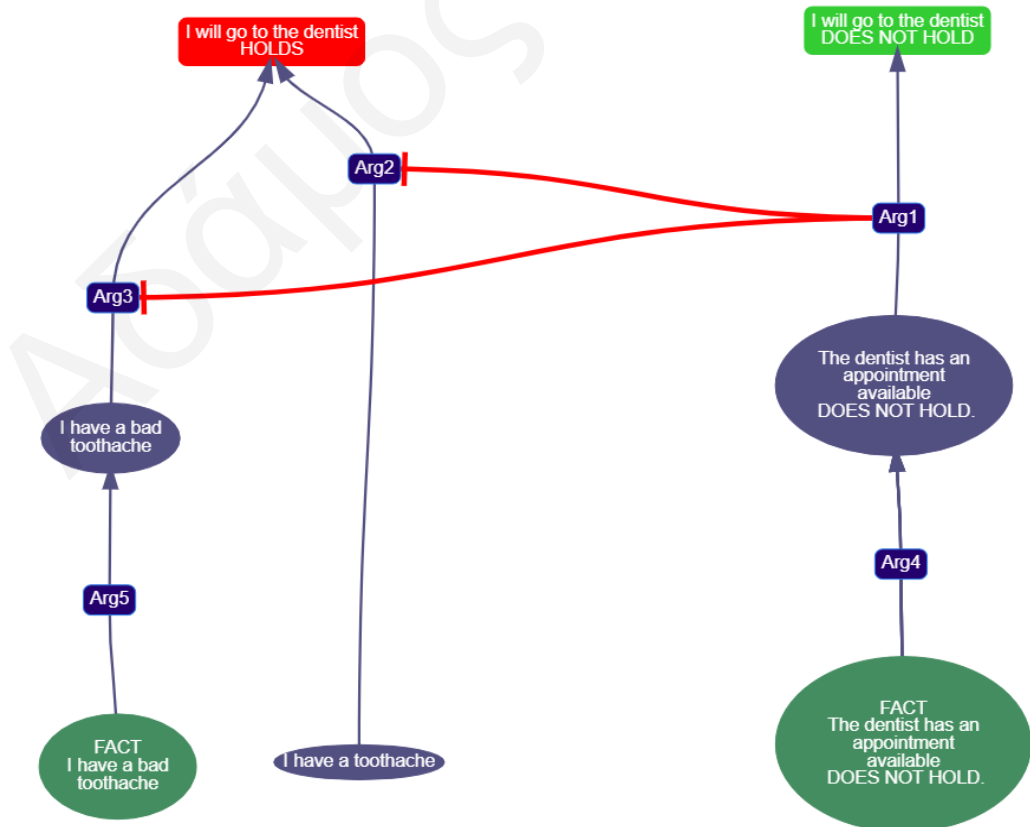
The given fact

- The dentist has **not** an appointment available

supports the conclusion

- I will **not** go to the dentist

#### Γραφική επεξήγηση



**Question:7/10**

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache
- The dentist does **not** have an appointment available

**Will I take a painkiller tablet?**

Απάντηση Συστήματος: Yes

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "I will take a painkiller tablet" holds, because:

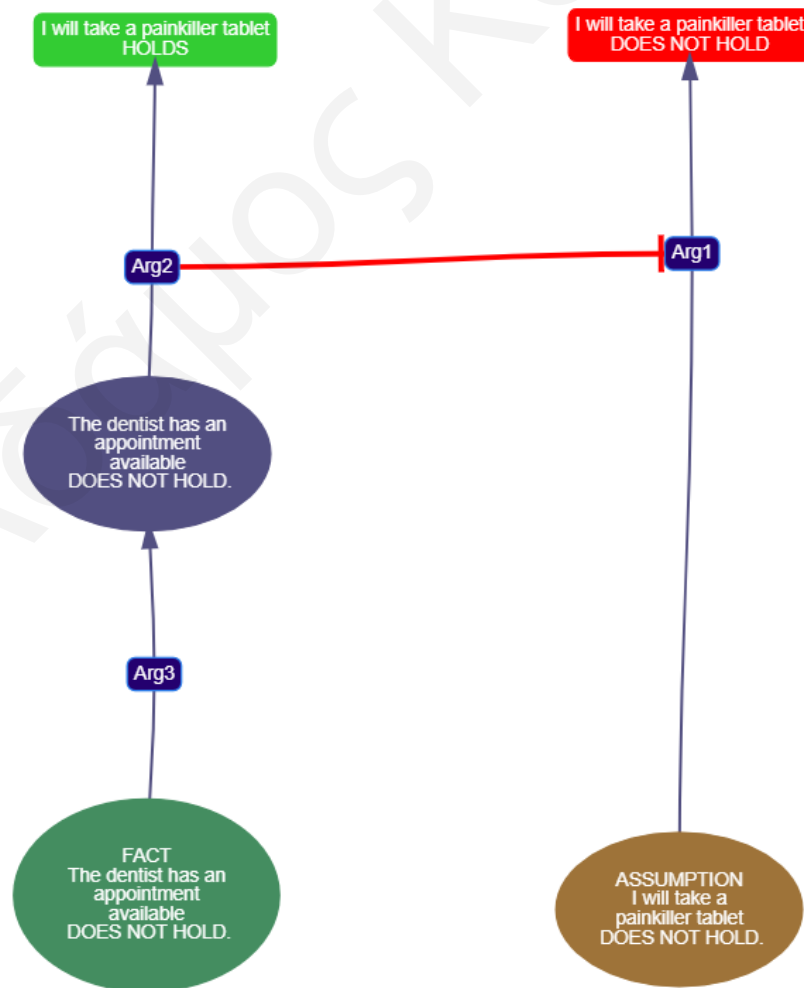
**The given fact**

- The dentist has **not** an appointment available

**supports the conclusion**

- "I will take a painkiller tablet "

**Γραφική επεξήγηση**



**Question:8/10**

The following **facts hold**:

- I have a bad toothache

**Will I go to the dentist?**

Απάντηση Συστήματος: Maybe

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "I will go to the dentist" holds, because:

The following assumption

- "The dentist has an appointment available " possibly holds

The given fact

- "I have a bad toothache "

supports the conclusion

- "I will go to the dentist "

The conclusion "I will go to the dentist" does not hold, because:

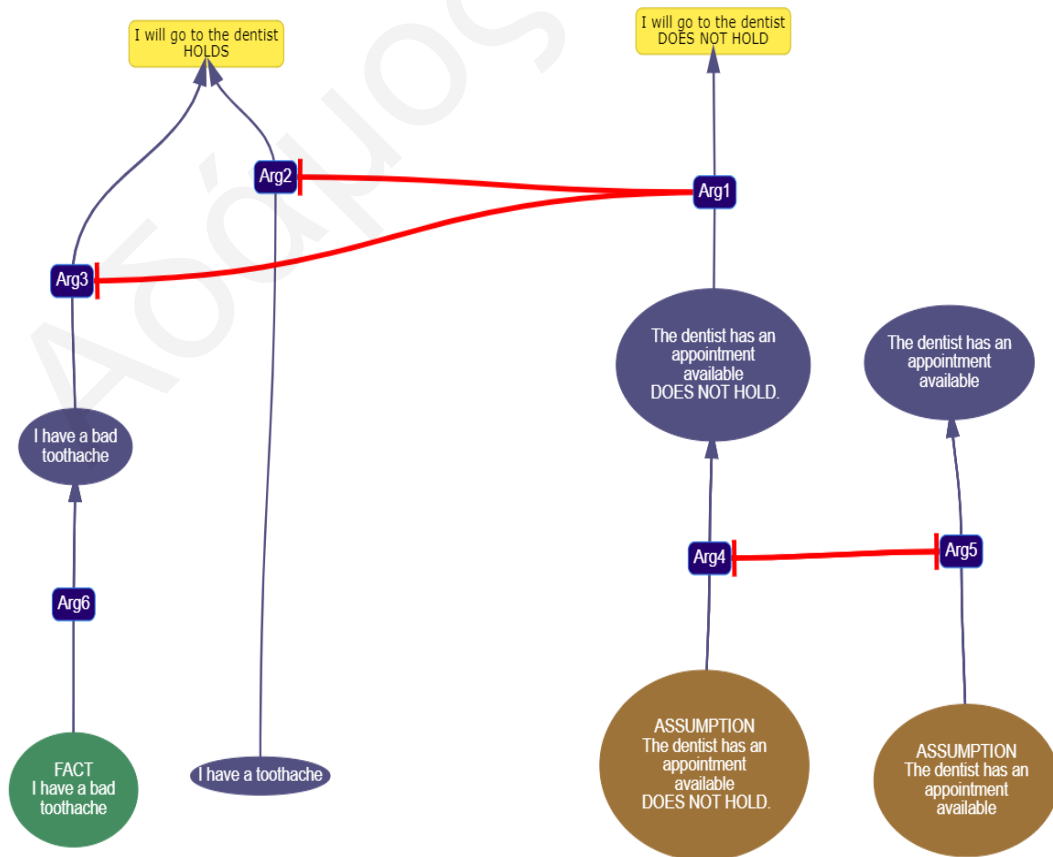
The following assumption

- The dentist has **not** an appointment available possibly holds

supports the conclusion

- I will **not** go to the dentist

**Γραφική επεξήγηση**



## Story 4: Car broken

### Question:9/10

The following facts hold:

- my car has too much damage

Will I get a new car rather than fixing it?

Απάντηση Συστήματος: Maybe

### Λεκτική επεξήγηση

The conclusion "I will get a new car rather than fixing it" holds, because:

The following assumption

- "I will have enough money to buy a new car " possibly holds

The given fact

- "My car has too much damage "

supports the conclusion

- "I will get a new car rather than fixing it "

The conclusion "I will get a new car rather than fixing it" does not hold, because:

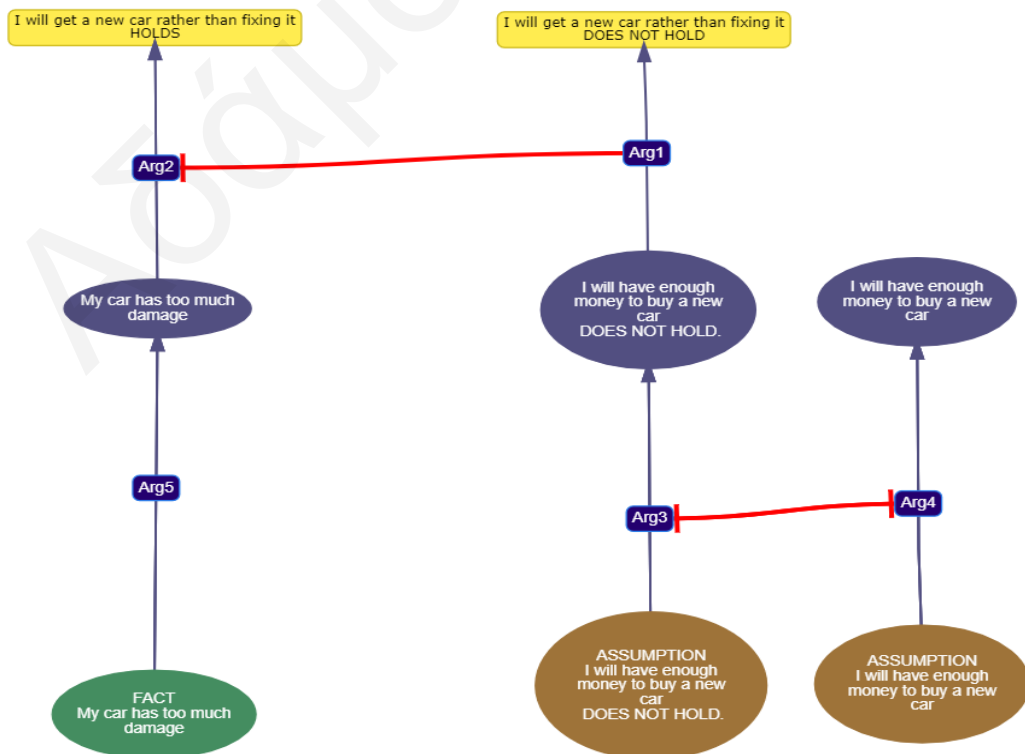
The following assumption

- I will **not** have enough money to buy a new car possibly holds

supports the conclusion

- I will **not** get a new car rather than fixing it

### Γραφική επεξήγηση



**Question:10/10**

The following **facts hold**:

- my car is broken
- I have enough money to buy a new car

**Will I get a new car rather than fixing it?**

Απάντηση Συστήματος:Maybe

**Λεκτική επεξήγηση**

The conclusion "I will get a new car rather than fixing it" holds, because:

The following assumption

- "My car has too much damage " possibly holds

supports the conclusion

- "I will get a new car rather than fixing it "

The conclusion "I will get a new car rather than fixing it" does not hold, because:

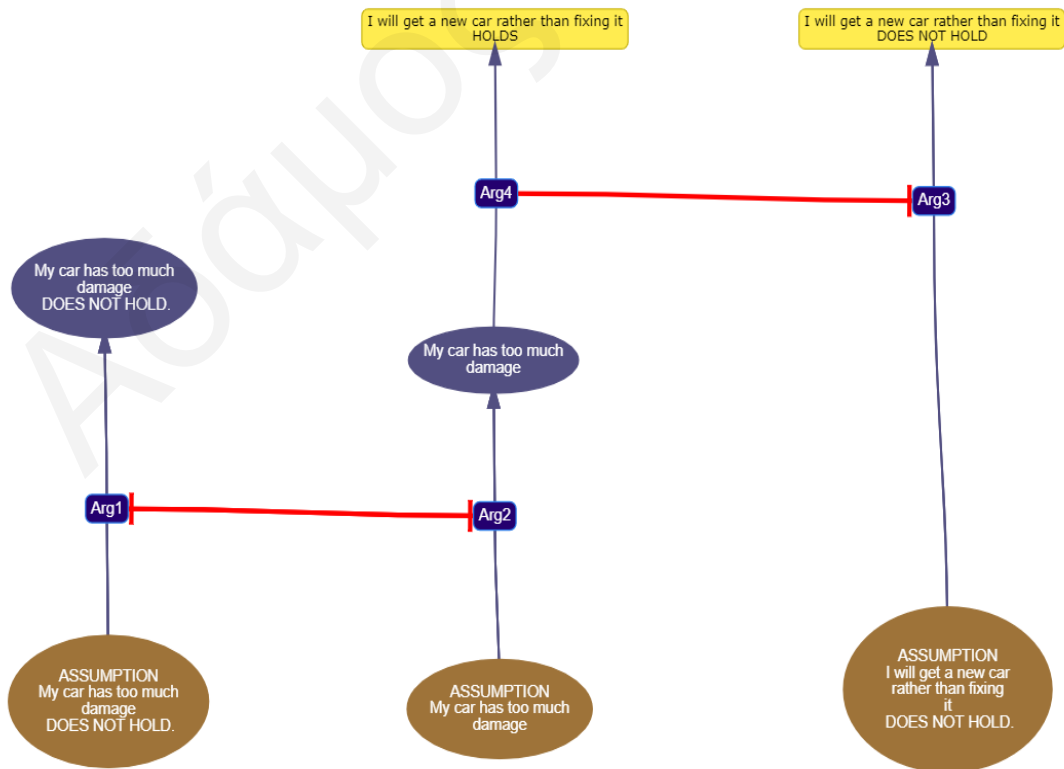
The following assumption

- My car has **not** too much damage possibly holds

The following assumption

- I will **not** get a new car rather than fixing it possibly holds

**Γραφική επεξήγηση**



## Παράρτημα Β

### Παραδείγματα Ερωτήσεων-Επεξηγήσεων προτάσεων όλων των τύπων

#### Παράδειγμα 1: Tautological interpretation

If there are lights over there **then maybe** there is a road over there.

#### Tautological interpretation Ερώτηση 1

The screenshot shows a logic interface with two input fields. The first field contains the text "if there are lights over there" with a dropdown menu set to "hold". The second field contains the text "will there is a road over there" with a dropdown menu set to "hold?". A "Predict" button is visible on the right. Below the input fields, the prediction is shown as "Prediction: Maybe Why?".

Figure 40 Tautological Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $a \supset c$  και  $a \supset \neg c$

Figure 41 Λεκτική επεξήγηση

**"there is a road over there" may hold:**

The conclusion **"there is a road over there"** holds, because:

**The given fact**

- "There are lights over there "

**supports the conclusion**

- "There is a road over there "

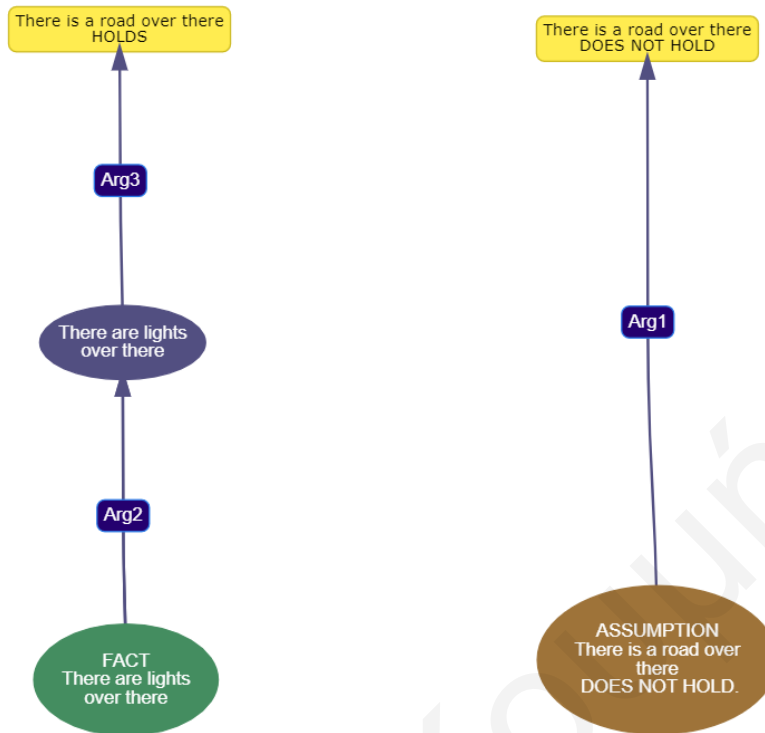
The conclusion **"there is a road over there"** does not hold, because:

**The following assumption**

- There is **not** a road over there **possibly holds**



Figure 42 Γραφική επεξήγηση



**Tautological interpretation Ερώτηση 2**

Figure 43 Tautological Ερώτηση 2 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $\neg a \supset c$  και  $\neg a \supset \neg c$

if  there are lights over there  hold  does not hold will there is a road over there  hold?  Predict

Prediction:

Figure 44 Λεκτική επεξήγηση

**"there is a road over there" may hold:**

The conclusion **"there is a road over there"** holds, because:

The following assumption

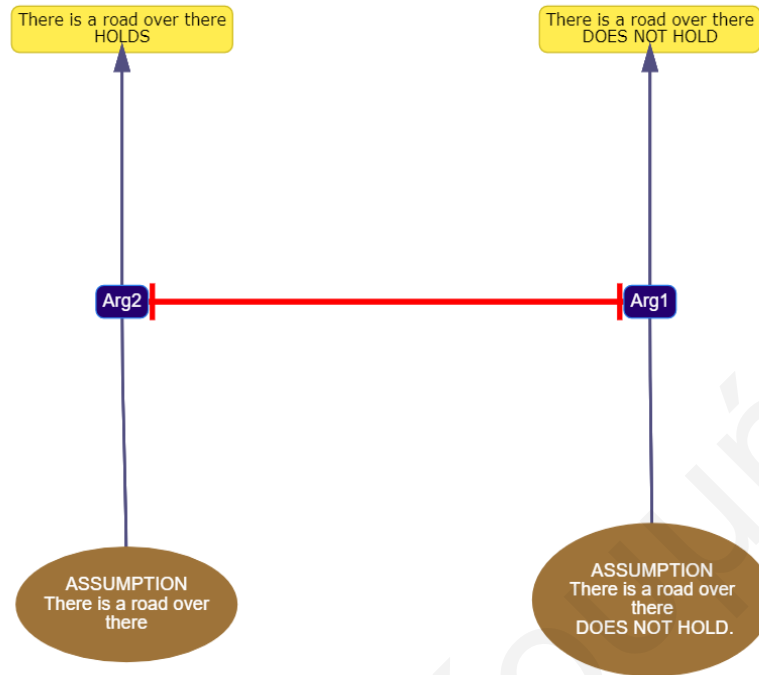
- "There is a road over there "

The conclusion **"there is a road over there"** does not hold, because:

The following assumption

- There is **not** a road over there

Figure 45 Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 2: Conditional interpretation

If the patient has malaria **then** she has a fever.

### Conditional interpretation Ερώτηση 1

Figure 46 Conditional Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $\neg a \rightarrow c$  και  $\neg a \rightarrow \neg c$

The screenshot shows a web interface for conditional interpretation. It features a rule: "If the patient has malaria will she has a fever". There are two buttons for the condition: "hold" (selected) and "does not hold". There are two buttons for the conclusion: "hold?" and "Predict". Below the rule, there are two buttons: "Prediction: Maybe" and "Why?".

Figure 47 Λεκτική επεξήγηση

**"she has a fever" may hold:**

The conclusion **"she has a fever"** holds, because:

The following assumption

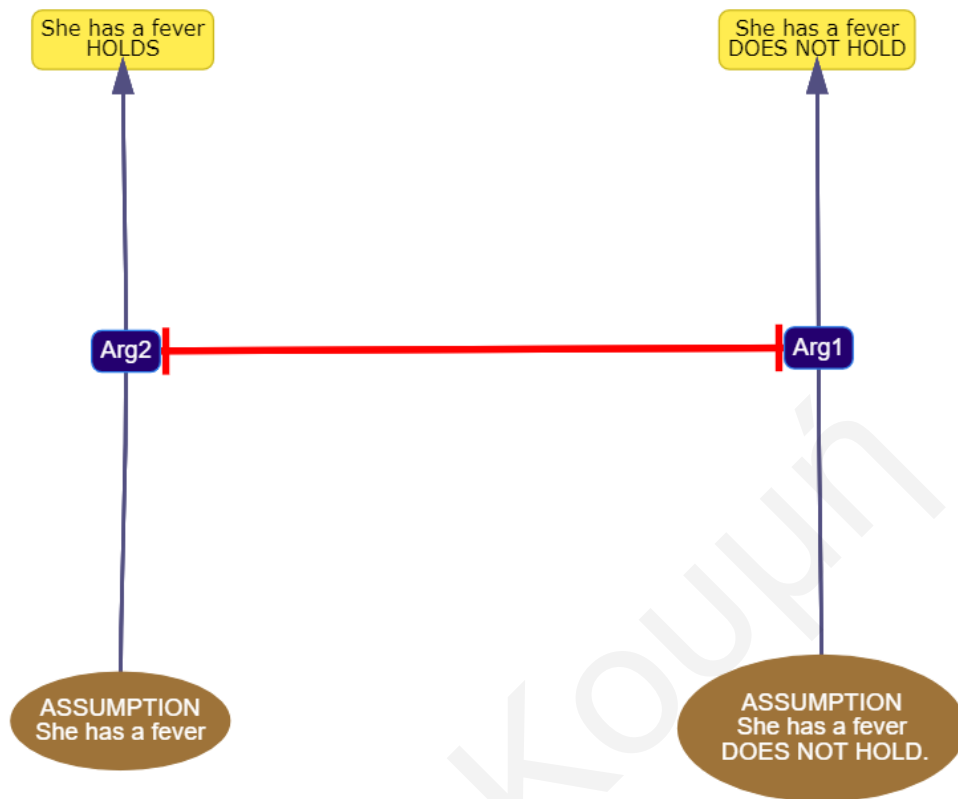
- "She has a fever " **possibly holds**

The conclusion **"she has a fever"** does not hold, because:

The following assumption

- She has **not** a fever **possibly holds**

Figure 48 Γραφική επεξήγηση



### Conditional interpretation Ερώτηση 2

Figure 49 Conditional Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο a c

if  the patient has malaria  hold  does not hold will she has a fever  hold?  Predict

Prediction:

Figure 50 Λεκτική επεξήγηση

**"she has a fever" holds because:**

The conclusion "she has a fever" holds, because:

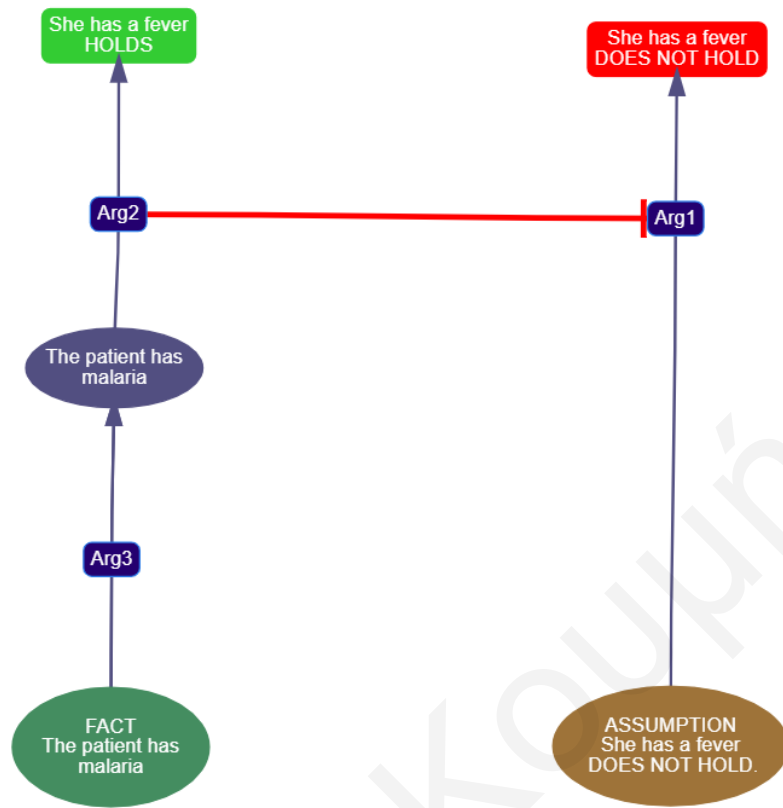
**The given fact**

- "The patient has malaria "

**supports the conclusion**

- "She has a fever "

Figure 51 Γραφική επεξήγηση



### Παράδειγμα 3:Enabling interpretation

Only if you have internet connection then maybe you be able to receive email.

#### Enabling interpretation Ερώτηση 1

Figure 52 Enabling Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $a \rightarrow c$  και  $a \wedge c$

If  you have internet connection  hold  does not hold will you be able to receive email  hold?  Predict

Prediction: **Maybe** Why?

Figure 53 Λεκτική επεξήγηση

**"you be able to receive email" may hold:**

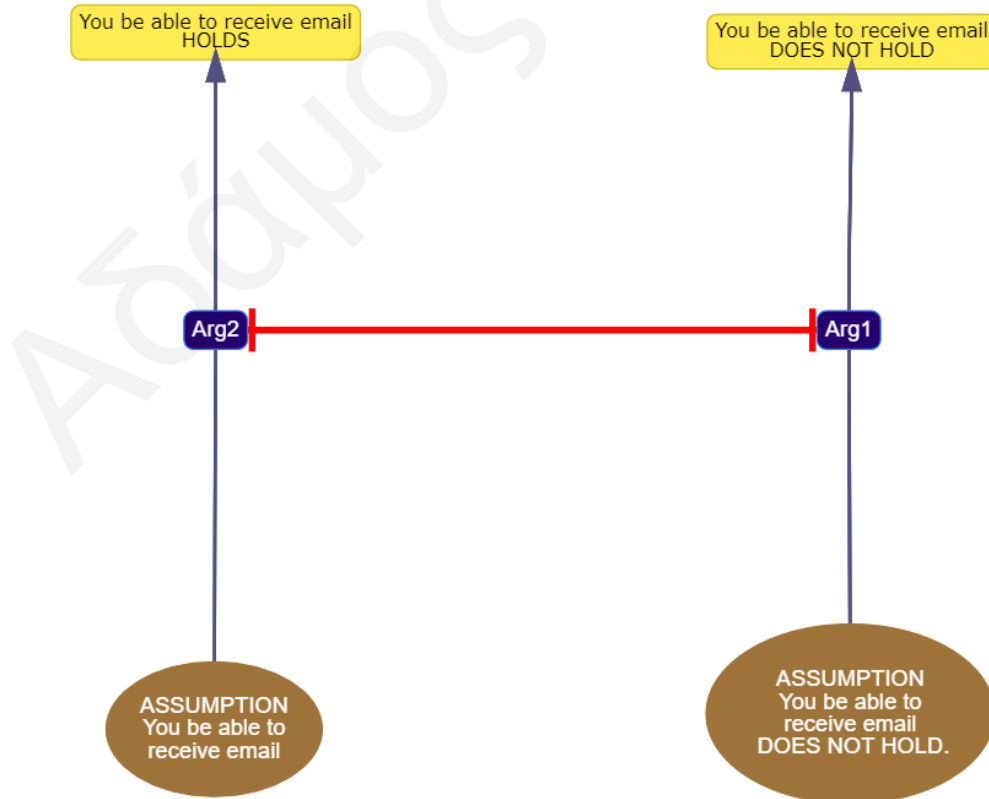
The conclusion "you be able to receive email" holds, because:  
The following assumption

- "You be able to receive email " **possibly holds**

The conclusion "you be able to receive email" does not hold, because:  
The following assumption

- You **not** be able to receive email **possibly holds**

Figure 54 Γραφική επεξήγηση



## Enabling interpretation Ερώτηση 2

Figure 55 Enabling Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \neg c$

If  you have internet connection  hold  does not hold will you be able to receive email  hold?  Predict

Prediction:

Figure 56 Λεκτική επεξήγηση

**"you be able to receive email" does not hold because:**

The conclusion "you be able to receive email" does not hold, because:

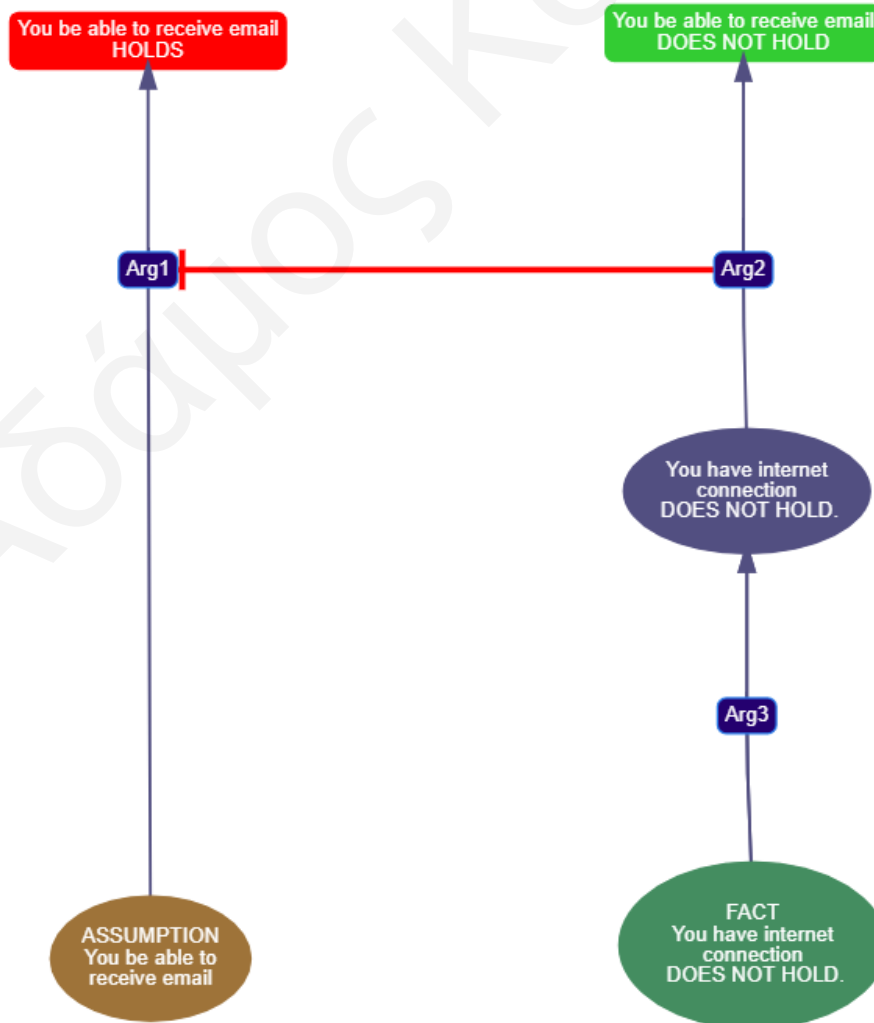
The given fact

- You have **not** internet connection

supports the conclusion

- You **not** be able to receive email

Figure 57 Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 4:Disabling interpretation

Even if the workers settle for lower wages **then possibly** the company go bankrupt.

### Disabling interpretation Ερώτηση 1

Figure 58 Disabling Ερώτηση 1 καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $a \supset c$  και  $a \supset \neg c$

if  the workers settle for lower wages  hold  does not hold will the company go bankrupt  hold?  Predict

Prediction:

Figure 59 Λεκτική επεξήγηση

**"the company go bankrupt" may hold:**

The conclusion **"the company go bankrupt"** holds, because:

The following assumption

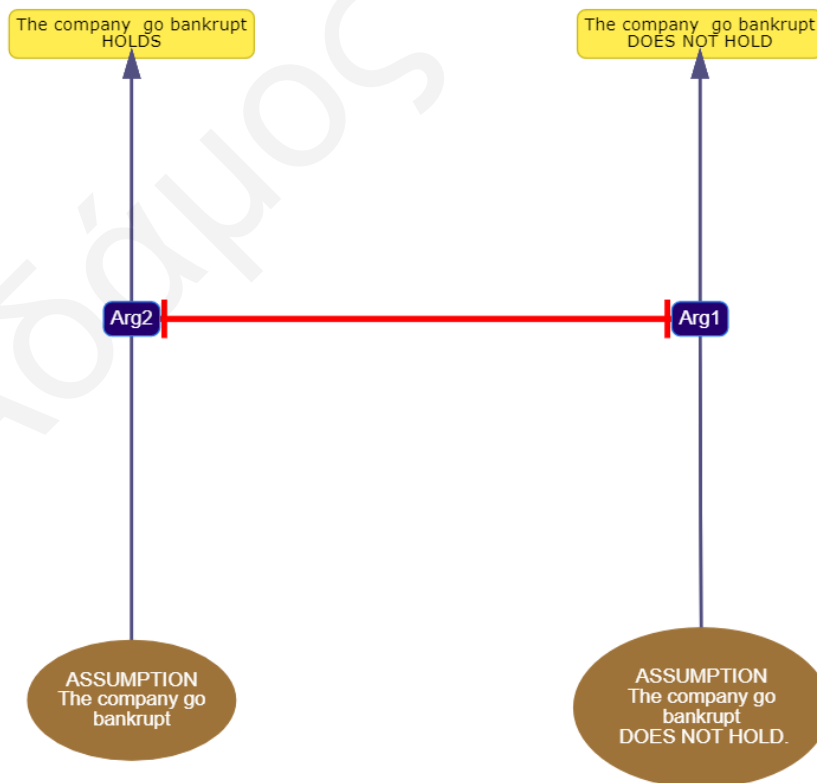
- "The company go bankrupt "

The conclusion **"the company go bankrupt"** does not hold, because:

The following assumption

- The company **not** go bankrupt

Figure 60 Γραφική επεξήγηση



## Disabling interpretation Ερώτηση 2

Figure 61 Disabling Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \rightarrow c$

if  the workers settle for lower wages  hold  does not hold will the company go bankrupt hold? Predict

Prediction:  Yes  Why?

Figure 62 Λεκτική επεξήγηση

"the company go bankrupt" holds because:

The conclusion "the company go bankrupt" holds, because:

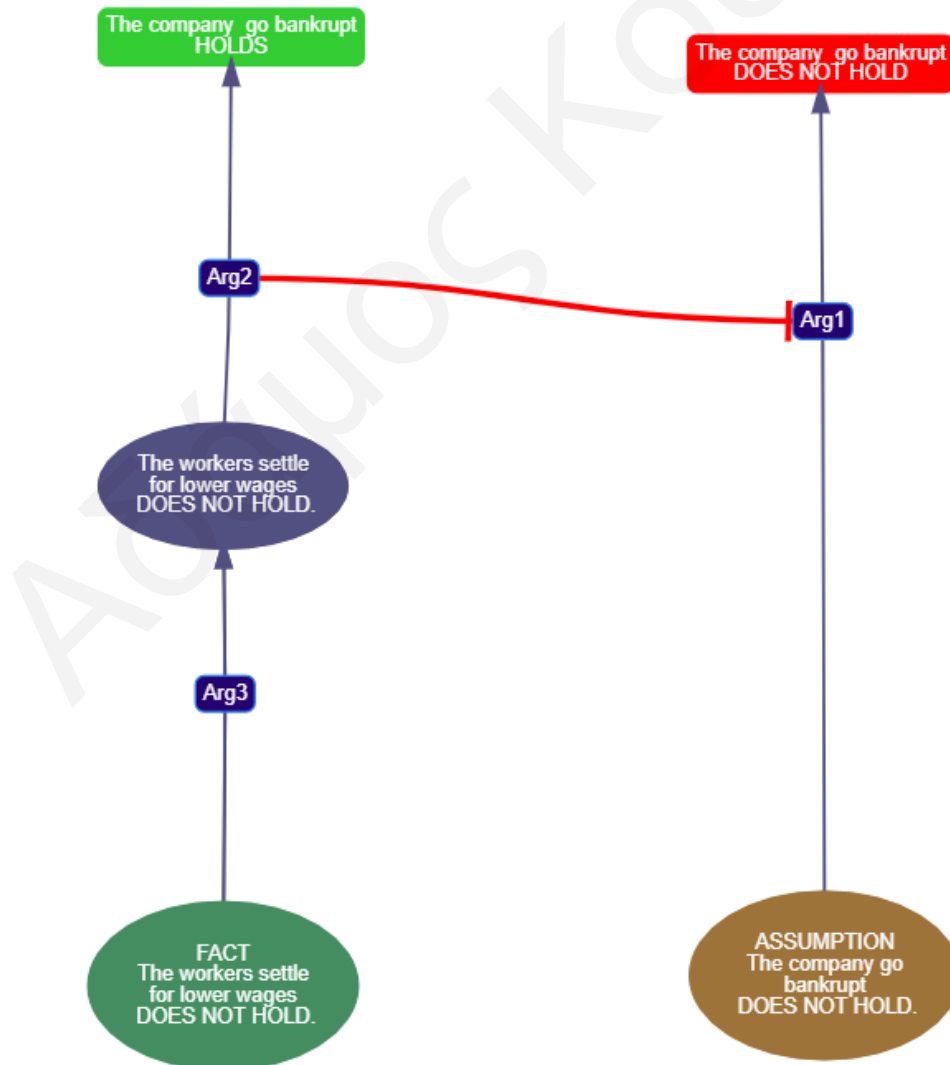
The given fact

- The workers **not** settle for lower wages

supports the conclusion

- "The company go bankrupt "

Figure 63 Γραφική επεξήγηση





## Παράδειγμα 5: Biconditional interpretation

### Biconditional interpretation Ερώτηση 1

Figure 64 Biconditional Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο a c

if  the butter is heated  hold  does not hold will the butter will melt  hold?  Predict

Prediction:

Figure 65 Λεκτική επεξήγηση

"the butter will melt" holds because:

The conclusion "the butter will melt" holds, because:

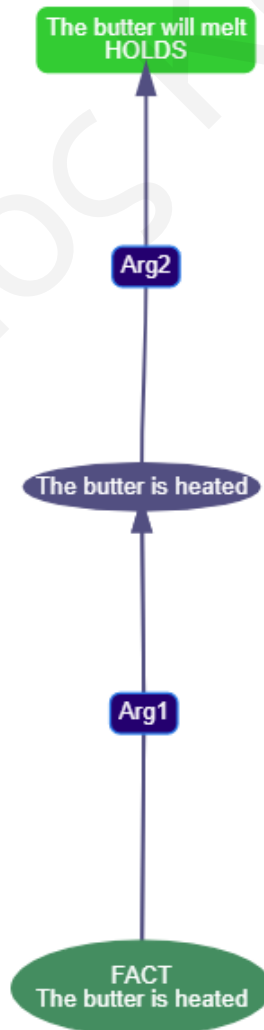
The given fact

- "The butter is heated "

supports the conclusion

- "The butter will melt "

Figure 66 Γραφική επεξήγηση



## Biconditional interpretation Ερώτηση 2

Figure 67 Biconditional Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \rightarrow c$

if  the butter is heated  hold  does not hold will the butter will melt hold? Predict

Prediction:

Figure 68 Λεκτική επεξήγηση

**"the butter will melt" does not hold because:**

The conclusion "**the butter will melt**" does not hold, because:

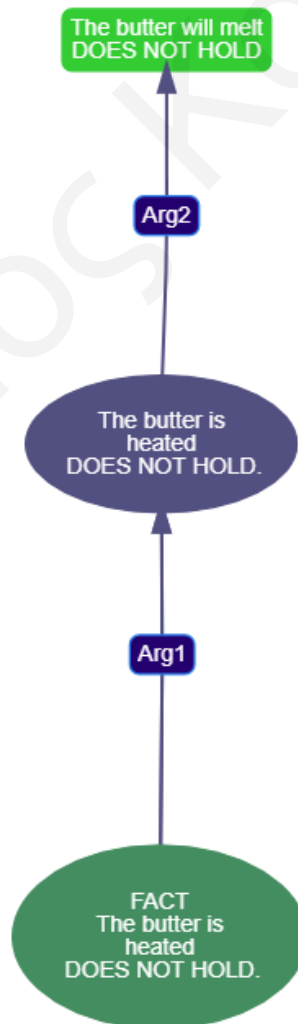
The given fact

- The butter is **not** heated

supports the conclusion

- The butter will **not** melt

Figure 69 Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 6: Strengthened antecedent interpretation

If there is gravity **then maybe** your apples fall tomorrow.

### Strengthened antecedent interpretation Ερώτηση 1

**Figure 70 Strengthened antecedent Ερώτηση 1** καλύπτονται τα διανοητικά μοντέλα  $a \rightarrow c$  και  $a \rightarrow \neg c$

if  there is gravity  hold  does not hold will your apples fall tomorrow  hold?  Predict

Prediction:

**Figure 71** Λεκτική επεξήγηση

**"your apples fall tomorrow" may hold:**

The conclusion **"your apples fall tomorrow"** holds, because:

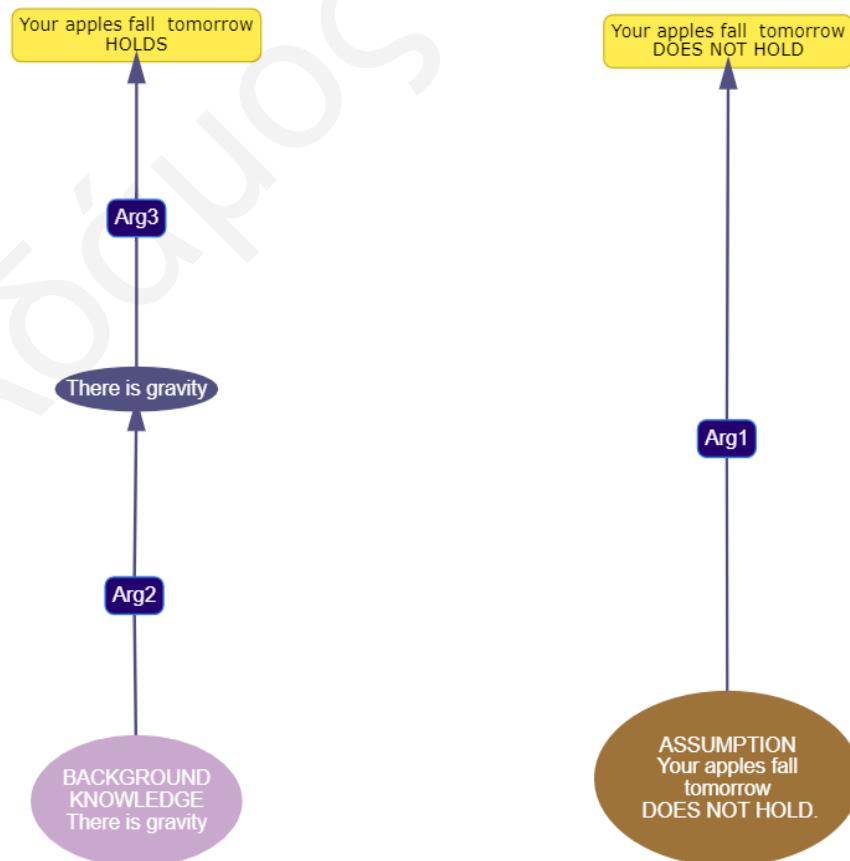
The given background knowledge "There is gravity" **supports the conclusion**

- "Your apples fall tomorrow"

The conclusion **"your apples fall tomorrow"** does not hold, because:

We can assume that Your apples not fall tomorrow

**Figure 72** Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 7:Relevance interpretation

If you are interested in Vertigo **then** Vertigo it is on Tv tonight.

### Relevance interpretation Ερώτηση 1

Figure 73 Relevance Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $a \rightarrow c$

if  you are interested in Vertigo  hold  does not hold will Vertigo it is on Tv tonight hold? Predict

Prediction:  Yes  Why?

Figure 74 Relevance Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \rightarrow c$

if  you are interested in Vertigo  hold  does not hold will Vertigo it is on Tv tonight hold? Predict

Prediction:  Yes  Why?

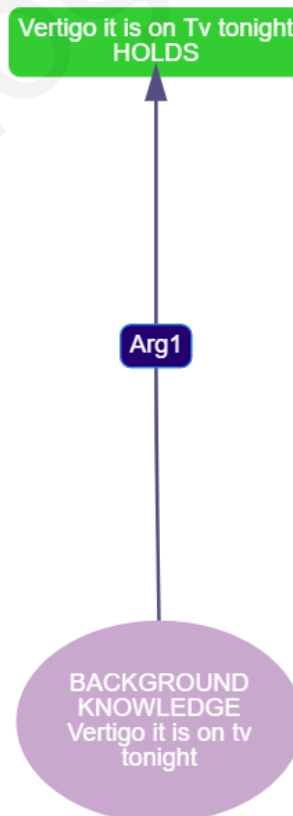
Figure 75 Λεκτική επεξήγηση

"Vertigo it is on Tv tonight" holds because:

The conclusion "Vertigo it is on Tv tonight" holds, because:

"Vertigo it is on tv tonight " is given as background knowledge

Figure 76 Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 8:Tollens interpretation

### Tollens interpretation Ερώτηση 1

Figure 77 Tollens Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \rightarrow \neg c$

If  that experiment works  hold  does not hold will I will eat my hat  hold?  Predict

Prediction:

Figure 78 Tollens Ερώτηση 2 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο  $\neg a \rightarrow \neg c$

If  that experiment works  hold  does not hold will I will eat my hat  hold?  Predict

Prediction:

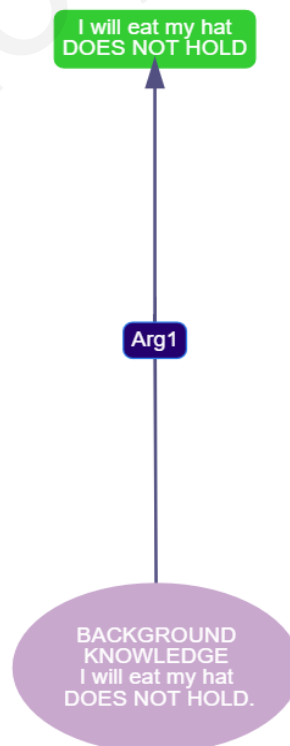
Figure 79 Λεκτική επεξήγηση

**"I will eat my hat" does not hold because:**

The conclusion **"I will eat my hat" does not hold**, because:

I will **not** eat my hat is given as background knowledge

Figure 80 Γραφική επεξήγηση



## Παράδειγμα 9: Ponens interpretation

### Ponens interpretation Ερώτηση 1

Figure 81 Ponens Ερώτηση 1 καλύπτεται το διανοητικό μοντέλο a c

if  my name is Alex  hold  does not hold will Viv is engaged hold?

Prediction:

Figure 82 Λεκτική επεξήγηση

**"Viv is engaged" holds because:**

The conclusion **"Viv is engaged"** holds, because:

The given background knowledge **"My name is alex "** supports the conclusion

- "Viv is engaged "

Figure 83 Γραφική επεξήγηση

