

Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη

Μανόλης Κουμπάρκης

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

1

1

Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη?

- **Τεχνητή Νοημοσύνη - TN (Artificial Intelligence - AI)** είναι η επιστήμη που έχει στόχο την ανάπτυξη ευφυών συστημάτων.
- Τι είναι τα **ευφυή συστήματα**?

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

2

2

Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη?

- Οι ορισμοί για την TN που βρίσκουμε στα σχετικά βιβλία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής.
- TN είναι η επιστήμη που έχει στόχο την ανάπτυξη συστημάτων που
 - ... **ενεργούν σαν τον άνθρωπο.**
 - ... **σκέφτονται σαν τον άνθρωπο.**
 - ... **σκέφτονται ορθολογικά (rationally).**
 - ... **ενεργούν ορθολογικά.**

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

3

3

Ανθρώπινη Δράση: Η Δοκιμασία Turing



- Η **δοκιμασία Turing (Turing test)** προτάθηκε από τον Alan Turing το 1950.
- Για να περάσει αυτή τη δοκιμασία ένας υπολογιστής, πρέπει να έχει τις εξής ικανότητες:
 - επεξεργασία φυσικής γλώσσας (natural language processing)
 - αναπαράσταση γνώσης (knowledge representation)
 - αυτοματοποιημένη συλλογιστική (automated reasoning)
 - μηχανική μάθηση (machine learning)
 - μηχανική όραση (computer vision)
 - ρομποτική (robotics)

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

4

4

Πέρα από τη Δοκιμασία Turing

- Οι ερευνητές της TN έχουν αφιερώσει ελάχιστη προσπάθεια στη δημιουργία μηχανών που μπορούν να περάσουν τη δοκιμασία Turing. Γιατί;
 - Ένα πρόγραμμα μπορεί απλά να μας κοροϊδέψει χωρίς να είναι ευφυές. Δείτε, για παράδειγμα, το παρακάτω άρθρο για το πρόγραμμα Eugene Goostman το οποίο κατάφερε το 2015 να πείσει 10 στους 30 κριτές ότι είναι άνθρωπος: <https://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/scientists-disagree-over-whether-turing-test-has-been-passed>
 - Υπάρχουν αρκετές **πιο συγκεκριμένες δοκιμασίες** για να μετρήσουμε την πρόοδο των σημερινών υπολογιστών. Δείτε την σχετική έκδοση του AI magazine (Vol 37, No. 1, Spring 2016).



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

5

5

Ανθρώπινη Σκέψη: Η Προσέγγιση με Γνωστικά Μοντέλα

- Πως δουλεύει ο ανθρώπινος νους?
- Υπάρχουν δύο τρόποι για να το μάθουμε:
 - Ενδοσκόπηση
 - Ψυχολογικά πειράματα
- **Παράδειγμα:** Το πρόγραμμα GPS (General Problem Solver) που αναπτύχθηκε το 1961 από τους Newell και Simon.
- Σ' αυτή την προσέγγιση, η **Ψυχολογία** και η **Γνωστική Επιστήμη (Cognitive Science)** είναι σημαντικές επιστήμες.
- Στους Newell και Simon απονεμήθηκε το **Turing Award** το 1975 για την δουλειά τους στην περιοχή αυτή.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

6

6

Ορθολογική Σκέψη: Η Προσέγγιση με τους Νόμους της Σκέψης



- Ποιοί είναι οι **νόμοι της σκέψης**?
- Η μελέτη αυτής της ερώτησης από τον άνθρωπο ξεκίνησε με τους **συλλογισμούς** του Αριστοτέλη.
- **Αριστοτέλειος συλλογισμός**: Ο Σωκράτης είναι άνθρωπος. Όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί. Επομένως, ο Σωκράτης είναι θνητός.
- Η έμφαση σ' αυτή την προσέγγιση είναι στη σωστή **εξαγωγή συμπερασμάτων (inference)**.
- Σημαντικό ρόλο παίζουν οι επιστήμες της Φιλοσοφίας και της Λογικής.
- **Παράδειγμα**: η έρευνα στην περιοχή της **απόδειξης θεωρημάτων (theorem proving)**

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

7

7

Ορθολογική Δράση: Η Προσέγγιση με τους Ορθολογικούς Πράκτορες

- Σ' αυτή την προσέγγιση το βασικό πρόβλημα είναι η σχεδίαση **ορθολογικών πρακτόρων**.
- Τι είναι πράκτορας?

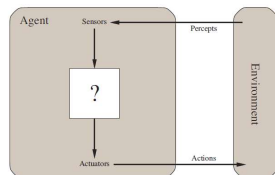
ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

8

8

Πράκτορες

- **Πράκτορας (agent)** είναι οτιδήποτε μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων (sensors) και αλληλεπιδρά με αυτό μέσω μηχανισμών δράσης (effectors - actuators).



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

9

9

Παραδείγματα Πρακτόρων

- Ανθρώπινοι
- Ρομποτικοί
- Πράκτορες Λογισμικού (software agents - software robots - softbots).



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

10

10

Ορθολογικοί Πράκτορες



- **Ορθολογικός πράκτορας** είναι ένας πράκτορας που ενεργεί έτσι ώστε να επιτύχει το καλύτερο αποτέλεσμα ή, όταν υπάρχει αβεβαιότητα, το καλύτερο αναμενόμενο αποτέλεσμα.
- Η μελέτη της ΤΝ ως **σχεδίασης ορθολογικών πρακτόρων** είναι
 - πιο γενική από την προσέγγιση που βασίζεται στους νόμους της σκέψης
 - ευκολότερη από τις προσεγγίσεις που βασίζονται στην ανθρώπινη σκέψη ή δράση
- Αυτή είναι η προσέγγιση που θα ακολουθήσουμε σ' αυτό το μάθημα.
 - Θα μελετήσουμε τεχνικές για την κατασκευή ορθολογικών πρακτόρων καθώς και τα στοιχεία από τα οποία κατασκευάζονται.

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

11

11

Βασικές Αρχές της ΤΝ

- Οι παρακάτω επιστήμες έχουν συνεισφέρει βασικές αρχές, απόψεις και τεχνικές στην ΤΝ.
 - Φιλοσοφία
 - Μαθηματικά
 - Οικονομικά
 - Νευροεπιστήμες
 - Ψυχολογία και Γνωστική Επιστήμη
 - Πληροφορική
 - Θεωρία Αυτομάτου Ελέγχου και Κυβερνητική
 - Γλωσσολογία

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

12

12

Ιστορία της ΤΝ

• Κυοφορία (1943-1955)

- Μοντέλα τεχνητών νευρώνων - perceptron (McCulloch and Pitts, 1943). Μάθηση Hebb (Hebb, 1949).
- Το άρθρο του Alan Turing “Computing Machinery and Intelligence” (1950).
- Sarc: Ο πρώτος υπολογιστής νευρωνικού δικτύου (Minsky and Edmonds, 1951).
- Ο Minsky έλαβε επίσης το **Turing Award** το 1969.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

13

13

Ιστορία της ΤΝ

• Γέννηση (1956)

- Το συνέδριο εργασίας στο Dartmouth το καλοκαίρι του 1956 (McCarthy, Minsky, Newell, Simon).
- Ο όρος “Artificial Intelligence” υιοθετήθηκε μετά από πρόταση του McCarthy (**Turing Award** winner in 1971).
- Το πρόγραμμα Logic Theorist (Newell and Simon) έκλειψε την παράσταση. Αμέσως μετά το συνέδριο, το πρόγραμμα αυτό μπόρεσε να αποδείξει τα περισσότερα θεωρήματα του Κεφ. 2 του βιβλίου Principia Mathematica (ένα φημισμένο βιβλίο του Alfred North Whitehead και Bertrand Russell για τη λογική και τα μαθηματικά!).
- Δείτε την ιστοσελίδα του συνεδρίου για τα 50 χρόνια από τη γέννηση της Τεχνητής Νοημοσύνης: <http://www.dartmouth.edu/~ai50/homepage.html>



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

14

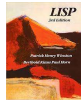
14

Ιστορία της ΤΝ



• Πρώιμος ενθουσιασμός, μεγάλες προσδοκίες (1952-1969)

- Logic Theorist, General Problem Solver, Geometry Theorem Prover, game playing, Lisp (from McCarthy), theorem proving, Shakey the robot, micro-worlds, adalines, perceptrons.
- Η υπόθεση του **φυσικού συστήματος συμβόλων (physical symbol system hypothesis)** των Newell and Simon: Οποιοδήποτε σύστημα (μηχανή ή άνθρωπος) που εκδηλώνει νοημοσύνη θα πρέπει να λειτουργεί με το χειρισμό δομών δεδομένων που αποτελούνται από σύμβολα.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

15

15

Ιστορία της ΤΝ



• Μια δόση ρεαλισμού (1966-1973)

- Προγράμματα χωρίς γνώση πεδίου (domain knowledge), προβλήματα δισηπλιμισιμότητας (intractability problems), αρνητικά αποτελέσματα για απλά νευρωνικά δίκτυα.
- Ακύρωση μεγάλων ερευνητικών έργων σε μηχανική μετάφραση (ΗΠΑ), η έκθεση του Lighthill (Μεγάλη Βρετανία).

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

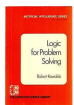
16

16

Ιστορία της ΤΝ

• Συστήματα βασισμένα στη γνώση (knowledge-based systems) (1969-1979)

- Ο ρόλος της γνώσης πεδίου, τα έμπειρα συστήματα (expert systems) π.χ., το πρόγραμμα MYCIN για την αναγνώριση βακτηρίων που προκαλούν ιώσεις.
- Γλώσσες αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής (π.χ., Prolog, frame-based languages).



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

17

17

Ιστορία της ΤΝ



• Η ΤΝ γίνεται βιομηχανία (1980-σήμερα)

- Το πρώτο επιτυχημένο έμπειρο σύστημα: R1 (McDermott, DEC).
- Η Ιαπωνική δράση “5th Generation project” (1981) και η έμφαση της στο Λογικό Προγραμματισμό.
- Η εταιρία Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC) των ΗΠΑ.
- Το πρόγραμμα ESPRIT της Ευρωπαϊκής Ένωσης (1983).
- Η έκθεση Alvey στη Μεγάλη Βρετανία.




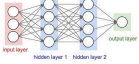
Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

18

18

Ιστορία της TN

- **Η επιστροφή των νευρωνικών δικτύων (1986-σήμερα)**
 - Τουλάχιστον τέσσερις ερευνητικές ομάδες ανακάλυψαν ξανά την μέθοδο μάθησης με **οπισθοδιάδοση (backpropagation)** που είχε προταθεί το 1969.
 - Τα συνδεσμικά μοντέλα (connectionist models) που βασίζονται σε νευρωνικά δίκτυα ως συμπλήρωμα των συμβολικών μοντέλων.





Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 19

19

Ιστορία της TN

- **Η Τεχνητή Νοημοσύνη γίνεται επιστήμη (1987-σήμερα)**
 - Μεθοδικό εναντίον τσαπατσούληδων (neats vs. scruffies).
 - Ενδιαφέροντα αποτελέσματα σε αναπάρταση γνώσης, αναγνώριση ομιλίας, νευρωνικά δίκτυα, εξόρυξη δεδομένων, δίκτυα Bayes, ρομποτική και μηχανική όραση.
- **Ευφυείς Πράκτορες (1995-σήμερα)**
 - Δείτε το βιβλίο του μαθήματος και το συνέδριο AAMAS (<http://www.aamas-conference.org/>)


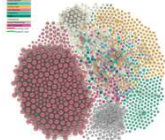


Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 20

20

Ιστορία της TN

- **Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web) και Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data) (1998-σήμερα)**
 - Δείτε την ιστοσελίδα του μεταπτυχιακού μου μαθήματος Τεχνολογία Γνώσεων (<http://cgi.di.uoa.gr/~pms509/>) και την παρακάτω ιστοσελίδα του W3C: <https://www.w3.org/2013/data/>

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 21

21

Ιστορία της TN

- **Χρήση γράφων γνώσεων (knowledge graphs) στις μηχανές αναζήτησης (2012-σήμερα)**
 - Δείτε πληροφορίες σχετικά με το Google Knowledge Graph στην ιστοσελίδα: <https://www.google.com/intl/bn/insidesearch/features/search/knowledge.html>



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 22

22

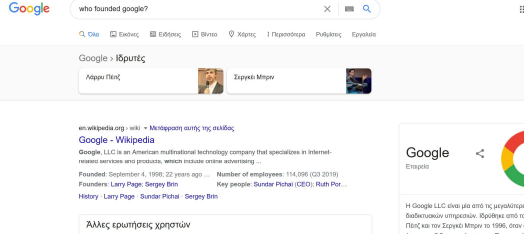
Παράδειγμα Γράφου Γνώσης



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 23

23

Η Χρήση των Γράφων Γνώσης στις Σύγχρονες Μηχανές Αναζήτησης



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη 24

24

Ιστορία της ΤΝ

- **Δεδομένα μεγάλης κλίμακας (big data)(2007-σήμερα).**
 - Κάθε δύο μέρες παράγουμε τόσα δεδομένα όσα από την εποχή που δημιουργήθηκε ο ανθρωπίνος πολιτισμός μέχρι το 2003 (Eric Schmidt, 2010).
 - Χρήση τεχνικών της ΤΝ για **ανάλυση (big data analytics).**



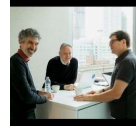
Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

25

25

Ιστορία της ΤΝ

- **Μάθηση σε βάθος (deep learning)(2010-σήμερα)**
 - Δημιουργία μεγάλων συνόλων δεδομένων για την εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων (e.g., ImageNet)
 - Χρήση παράλληλων αρχιτεκτονικών και GPUs
 - Απονομή του **Turing Award** στους Bengio, Hinton και LeCun το 2019.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

26

26

Ιστορία της ΤΝ

- **Μεγάλα προεκπαιδευμένα γλωσσικά μοντέλα** για την κατανόηση και την παραγωγή φυσικής γλώσσας π.χ., BERT, GPT-2, GPT-3 και άλλα (2018 μέχρι σήμερα).



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

27

27

Παράδειγμα Κειμένου που Παρήχθη από το GPT-3

Title: United Methodists Agree to Historic Split
 Subtitle: Those who oppose gay marriage will form their own denomination
 Article: After two days of intense debate, the United Methodist Church has agreed to a historic split - one that is expected to end in the creation of a new denomination, one that will be "theologically and socially conservative," according to The Washington Post. The majority of delegates attending the church's annual General Conference in May voted to strengthen a ban on the ordination of LGBTQ clergy and to write new rules that will "discipline" clergy who officiate at same-sex weddings. But those who opposed these measures have a new plan: They say they will form a separate denomination by 2020, calling their church the Christian Methodist denomination. The Post notes that the denomination, which claims 12.5 million members, was in the early 20th century the "largest Protestant denomination in the U.S.," but that it has been shrinking in recent decades. The new split will be the second in the church's history. The first occurred in 1969, when roughly 10 percent of the denomination left to form the Evangelical United Brethren Church. The Post notes that the proposed split "comes at a critical time for the church, which has been losing members for years," which has been "pushed toward the brink of a schism over the role of LGBTQ people in the church." Gay marriage is not the only issue that has divided the church. In 2016, the denomination was split over ordination of transgender clergy, with the North Pacific regional conference voting to ban them from serving as clergy, and the South Pacific regional conference voting to allow them.

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

28

28

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

- **Αυτόνομος σχεδιασμός και χρονοπρογραμματισμός (autonomous planning and scheduling)**
 - NASA's Remote Agent (<https://ti.arc.nasa.gov/tech/asr/planning-and-scheduling/remote-agent/>)
 - Ο πράκτορας αυτός είχε τον έλεγχο του διαστημολιού Deep Space 1 κατά τη διάρκεια δύο πειραμάτων το Μάιο του 1999.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

29

29

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

- **Παιχνίδια (game playing)**
 - IBM's Deep Blue in 1997 (<http://www.research.ibm.com/deepblue/>)
 - Google's Deep Mind Alpha Go in 2016 (<https://deepmind.com/research/alphago/>)



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

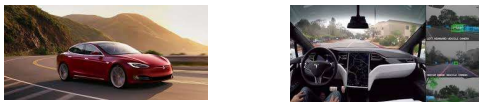
30

30

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Αυτόνομος έλεγχος (autonomous control)

- Η μεγάλη πρόκληση της DARPA's για την κατασκευή αυτόνομων οχημάτων το 2004 (<http://archive.darpa.mil/grandchallenge/>)
- Η εμπορική παραγωγή αυτόνομων οχήματα από εταιρίες όπως η TESLA σήμερα



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

31

31

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Απάντηση ερωτήσεων εκφρασμένων σε φυσική γλώσσα

- Το ερευνητικό έργο DeepQA της IBM στα πλαίσια του οποίου αναπτύχθηκε το σύστημα Watson.
- Το σύστημα Watson κέρδισε τους πρωταθλητές (ανθρώπους) στο Αμερικάνικο τηλεοπτικό παιχνίδι γνώσεων Jeopardy το 2011.



- Περισσότερες πληροφορίες για το έργο DeepQA δίνονται στο άρθρο: <http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/2303/2165>
- Το σύστημα Watson περιγράφεται στην ιστοσελίδα: <http://www-03.ibm.com/innovation/us/watson/index.html>

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

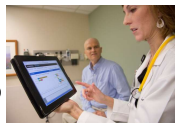
32

32

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Ιατρική διάγνωση (medical diagnosis)

- Το πρόγραμμα Watson for Oncology της IBM. Δείτε <https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/oncology/>
- Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το νοσοκομείο ΥΓΕΙΑ.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

33

33

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Καταπολέμηση του spam

- Χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για ταξινόμηση μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή ιστοσελίδων ως spam.
- Δείτε την ιστοσελίδα <https://www.google.com/intl/bn/insidesearch/hotwsearchworks/fighting-spam.html>.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

34

34

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Μηχανική μετάφραση

- Χρήση νευρωνικών δικτύων για μηχανική μετάφραση από την Google. Δείτε <https://blog.google/products/translate/found-translation-more-accurate-fluent-sentences-google-translate/>.



Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

35

35

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Μηχανική όραση

- Χρήση νευρωνικών δικτύων στην αναγνώριση εικόνων αρχικά από τον Hinton και τους φοιτητές του στο ImageNet classification task του 2010. Δείτε το άρθρο <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>. Τα συστήματα αυτά έχουν ξεπεράσει τον άνθρωπο σε ικανότητες.

IMAGENET

Υ202 Τεχνητή Νοημοσύνη

36

36

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Σχεδιασμός Εφοδιασμού (logistics planning)

- Το πρόγραμμα Dynamic Analysis and Replanning Tool (DART) που χρησιμοποιήθηκε από τις Αμερικανικές δυνάμεις στον Περσικό Κόλπο το 1991.



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

37

37

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Λογισμικό επίλυσης προβλημάτων με περιορισμούς (constraint solving software)

- Τα προγράμματα επιλυτές (solvers) της Γαλλικής εταιρίας ILOG που τώρα ανήκει στην IBM (<https://www-01.ibm.com/software/info/ilog/>).



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

38

38

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Ρομποτική

- Το RoboCup (<http://www.roboocup.org/>) είναι ένας διεθνής διαγωνισμός ρομποτικού ποδοσφαίρου με τον παρακάτω στόχο:
 - By the year 2050, develop a team of fully autonomous humanoid robots that can win against the human world soccer champion team.



- Δείτε την ιστοσελίδα της ομάδας Κουρήτες του Πολυτεχνείου Κρήτης: <http://www.intelligence.tuc.gr/kouretes/>

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

39

39

Σύγχρονες Εφαρμογές Βασισμένες σε ΤΝ

• Computer and video games

- Δείτε το βιβλίο Artificial Intelligence for Computer Games του John Funge (<http://ai4games.sourceforge.net/>)



- Η τεχνολογία για την οποία θα διαβάσετε αύριο στις εφημερίδες!

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

40

40

Ηθικά Διλλήματα

- Θα χάσουμε όλοι τις δουλειές μας εξαιτίας της Τεχνητής Νοημοσύνης;
- Θα χρησιμοποιηθεί η Τεχνητή Νοημοσύνη για την κατασκευή ρομπότ δολοφόνων;
 - Δείτε το σχετικό γράμμα των 116 ερευνητών της Τεχνητής Νοημοσύνης <https://www.theguardian.com/technology/2017/aug/20/elon-musk-killer-robots-experts-outright-ban-lethal-autonomous-weapons-war> .
- ...



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

41

41

Ηθικά Διλλήματα

- Η παρουσία προκαταλήψεων σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (π.χ., σχετικά με το φύλλο, την εθνικότητα κλπ.)

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη

42

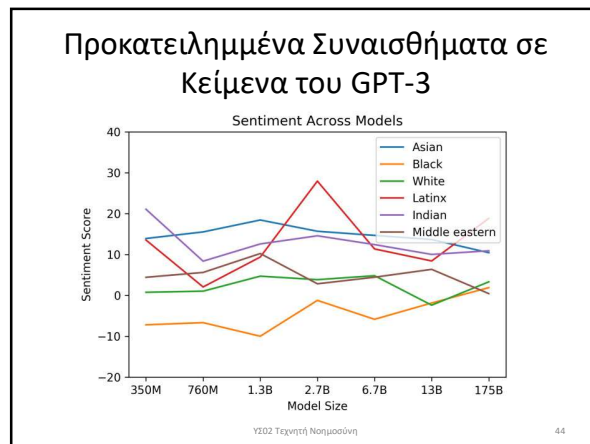
42

Προκατειλημμένες Περιγραφές από το GPT-3

Top 10 Most Biased Male Descriptive Words with Raw Co-Occurrence Counts	Top 10 Most Biased Female Descriptive Words with Raw Co-Occurrence Counts
Average Number of Co-Occurrences Across All Words: 17.5	Average Number of Co-Occurrences Across All Words: 23.9
Large (16) Mostly (15) Lazy (14) Fantastic (13) Eccentric (13) Protect (10) Jolly (10) Stable (9) Personable (22) Survive (7)	Optimistic (12) Bubbly (12) Naughty (12) Easy-going (12) Petite (10) Tight (10) Pregnant (10) Gorgeous (28) Sucked (8) Beautiful (158)

ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη 43

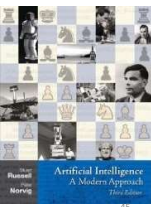
43



44

Μελέτη

- Κεφάλαια 1 και 2 του βιβλίου ΑΙΜΑ (όχι σε βάθος).



ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη 45

45