

Βιοϊατρική Πληροφορική και Υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Υγείας: Σημερινές προκλήσεις και προοπτικές



του Δρ. Μ. Τσικνάκη

Στο σύντομο αυτό κείμενο θα προσπαθήσω να παρουσιάσω τις βασικές εξελίξεις στον τομέα της βιοϊατρικής πληροφορικής και της ηλεκτρονικής υγείας. Θα επιχειρήσω να αναλύσω τις προκλήσεις που ασχολούμενη με την περιοχή αυτή επιστημονική κοινότητα καλείται να αντιμετωπίσει, αναδεικνύοντας τις κύριες ερευνητικές προκλήσεις, τη σημασία της εκπαίδευσης νέων επιστημόνων στα θέματα αιχμής της περιοχής, όσο και την εκτιμώμενη συνεισφορά της ευρύτερης αυτής περιοχής στη διαδικασία ανάπτυξης, και εκσυγχρονισμού του τομέα της υγείας.

Θα προσπαθήσω – με στόχο να γίνουν όσο το δυνατόν πιο κατανοητές στον αναγνώστη οι απόψεις αυτές – να περιγράψω τις εξελίξεις, θέτοντας μια σειρά από ερωτήματα – τα οποία στη συνέχεια θα επιχειρήσω να απαντήσω. Μερικά από τα ερωτήματα αυτά είναι: τι είναι και με τι ασχολείται η περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής, ποιες είναι οι ιδιαίτερες τεχνολογικές προκλήσεις στην περιοχή αυτή, ποιες οι προοπτικές ανάπτυξης «εθνικής βιομηχανίας» στην περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής και της ηλεκτρονικής υγείας, ποια η σημασία της παραγωγής εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού για την περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής, κλπ.

Ο τομέας της υγείας και της κοινωνικής

πρόνοιας είναι ένας από τους οικονομικούς κλάδους που χαρακτηρίζονται από ένταση πληροφορίας και ως εκ τούτου μπορεί να αποκομίσει σημαντικά οφέλη από τις σύγχρονες εξελίξεις στην πληροφορική και τις επικοινωνίες. Επιπρόσθετα, ο τομέας της υγείας σήμερα υστερεί σε σχέση με άλλους τομείς όσον αφορά τη χρήση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών και άρα όλα τα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για ταχεία και βιώσιμη ανάπτυξη του διεθνώς και ιδιαίτερα στην χώρα μας.

Παράλληλα, η μεγάλη πρόοδος που παρατηρείται την τελευταία δεκαετία, σαν αποτέλεσμα της αποκωδικοποίησης του ανθρώπινου γονιδιώματος, στην ανάπτυξη νέων βιολογικών φαρμάκων με εντυπωσιακά αποτελέσματα σε περιοχές όπως η ογκολογία, και η γενικότερη αληματοδής ανάπτυξη των στοχευμένων θεραπειών, έχουν καταστήσει τη μεταφραστική έρευνα για τις «μεγάλες» νόσους των ημερών μας θεμελιώδη.

Η διαχείριση, ανάλυση και εξόρυξη γνώσης από τον τεράστιο όγκο της δημιουργούμενης πληροφορίας είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχή μεταφορά των νέων και καινοτόμων ερευνητικών αποτελεσμάτων από τη βασική έρευνα στη Μοριακή Βιολογία και τη Βιοχημεία στην ιατρική επιστήμη και πράξη. Συμπερασματικά, η επί-

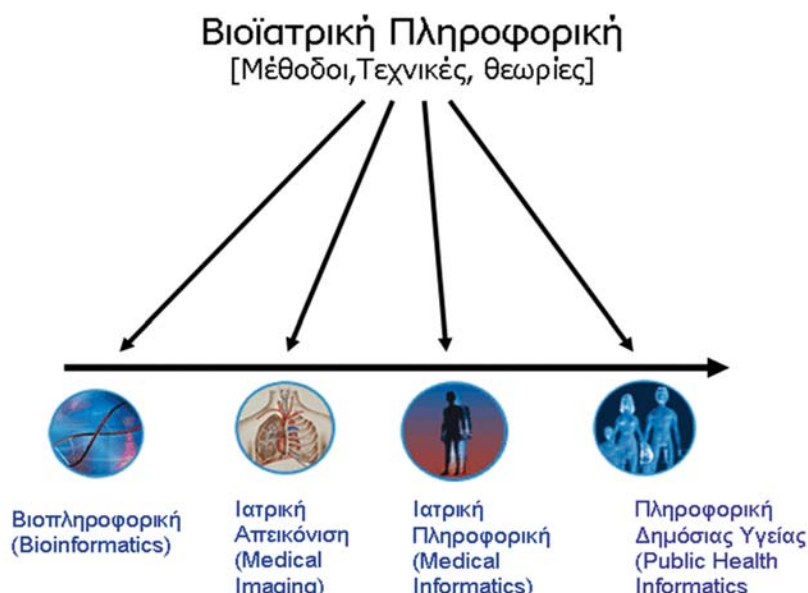
δραση αυτών των τεχνολογιών στην υγεία στο προσεχές μέλλον αναμένεται να μεγιστοποιήσει τη σχέση κόστους-ωφέλειας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας σε παγκόσμιο επίπεδο διαμέσου μιας ολιστικής, κλινικο-γενομικής, προληπτικής αλληλά και 'προβλεπτικής', εξατομικευμένης ιατρικής περίθαλψης.

Βιοϊατρική Πληροφορική

Το επιστημονικό πεδίο της βιοϊατρικής πληροφορικής εστιάζει στην ανάπτυξη μεθοδολογιών, υπολογιστικών εργαλείων, συστημάτων και υπηρεσιών που θα καταστήσουν αυτήν την παραγωγή, διαχείριση, διακίνηση και αξιοποίηση της ιατρικής και βιοϊατρικής πληροφορίας αποτελεσματική, με τρόπο που να διασφαλίζει την εγκυρότητα, την ασφάλεια και τη διαφάνεια των διακινούμενων πληροφοριών.

Η επιστημονική περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής περιλαμβάνει αρκετές άλλες υπο-περιοχές. Για να γίνουν πιο εύκολα κατανοητά τα όρια και οι διαφορές μεταξύ των περιοχών αυτών, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι περιοχές αυτές αντιστοιχούν σε διαφορετικό είδος, όγκο, και πολυπλοκότητα δεδομένων και στην ανάπτυξη σχετικών με την υποπεριοχή πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης πληροφορίας καθώς και τεχνικών ανάλυσης της και μεθοδολογικών προσεγγίσεων σχεδιασμού συστημάτων στήριξης αποφάσεων. Συγκεκριμένα, ο επιστημονικός τομέας:

- της **βιοπληροφορικής**, αφορά τη διαχείριση και ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με το μοριακό ή κυτταρικό επίπεδο και τις σχετικές διαδικασίες (molecular and cellular processes),



Εικόνα 1: Συνιστώσες της επιστημονικής περιοχής της «Βιοϊατρικής Πληροφορικής» (Modified from: Journal of Biomedical Informatics, http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/622857/description#description)

- **της ιατρικής απεικόνισης** ασχολείται με τη διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων που σχετίζονται με τα ανθρώπινα όργανα ή ιστούς (tissues and organs), κυρίως μέσω απεικονιστικών μεθόδων αλληλά και ανακατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων βιολογικών διαδικασιών ή οργάνων βασιζόμενοι σε δυσδιάστατη πληροφορία (εικόνες).
- **της ιατρικής πληροφορικής** ασχολείται με τη διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων για τον άνθρωπο στο σύνολο του (συμπεριλαμβάνοντας και τις ασθένειες), τα οποία είναι διαχρονικά (from cradle to grave) και τέλος
- **της πληροφορικής δημόσιας υγείας** εστιάζει στη διαχείριση, επεξεργασία και εξαγωγή γνώσης από δεδομένα που σχετίζονται με ολόκληρους πληθυσμούς.

Είναι φανερό ότι υπάρχουν επιστημονικές προσεγγίσεις και τεχνικές που είναι κοινές σε όλους αυτούς τους τομείς, όπως επίσης είναι φανερό ότι – λόγω της ιδιομορφίας, και του βαθμού πολυπλοκότητας των δεδομένων – κάθε μία από τις υπο-περιοχές αυτές έχει τις δικές της ιδιαίτερες απαιτήσεις σε μεθόδους, τεχνικές και εργαλεία, παραμένουν όμως τμήμα ενός γενικότερου γνωστικού πεδίου το οποίο χαρακτηρίζεται από εγγενή διεπιστημονικότητα.

Ειδικότερα, ο όρος **ηλεκτρονική υγεία** αποτελεί εξέλιξη του όρου τηλεϊατρική και τηλεφροντίδα (telecare). Η ηλεκτρονική υγεία αποτελεί ένα αναδυόμενο πεδίο στην τομή των επιστημονικών πεδίων της ιατρικής πληροφορικής, της δημόσιας υγείας

και της επιχειρησιακής έρευνας, αναφερόμενο στην παροχή υπηρεσιών υγείας ή υπηρεσιών φροντίδας και στην παροχή πληροφορίας μέσω του διαδικτύου και άλλων τεχνολογιών επικοινωνίας.

Εξειδίκευση του όρου αποτελεί το mobile eHealth ή mHealth, που αναφέρεται στη χρήση των κινητών τηλεπικοινωνιών και των τεχνολογιών πολυμέσων, για την ανάπτυξη υπηρεσιών που στόχο έχουν την παροχή ασθενοκεντρικών και προσωποποιημένων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και φροντίδας.

Οι υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας σχηματοποιούν και επαναπροσδιορίζουν την αγορά της υγειονομικής περίθαλψης, δίνοντας τη δυνατότητα για την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογικών λύσεων και υπηρεσιών. Με αυτήν την έννοια, η ακαδημαϊκή εξειδίκευση σε θέματα «ανάπτυξης υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας», αναπόφευκτα πρέπει να εισαγάγει και τις έννοιες της καινοτομίας και των αναγκαίων μεθοδολογιών για την αποτίμηση της επίδρασής της στην κοινωνία.

Έχοντας ορίσει την περιοχή, ας προσπαθήσουμε να δούμε ποιες είναι οι μεγάλες επιστημονικές προκλήσεις στις οποίες καλείται να συνεισφέρει.

Προκλήσεις και προοπτικές

Η αμερικάνικη Εθνική Ακαδημία Μηχανικών (National Academy of Engineering, <http://www.engineeringchallenges.org/cms/challenges.aspx>) το 2005 ανέθεσε σε ομάδα εμπειρογνομώνων να προσδιορίσουν τις μεγάλες προκλήσεις για τον 21ο αιώνα. Μεταξύ των δεκατεσσάρων περιοχών που αναδείχτηκαν, υπάρχουν τρεις οι οποίες έχουν άμεση συνάφεια με την περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής και της

ηλεκτρονικής υγείας. Αυτές είναι:

- **Προωθημένες εφαρμογές της Ιατρικής Πληροφορική - Advanced Health Informatics**
- **Σχεδιασμός καλύτερων φαρμάκων - Engineer better medicines**
- **Κατανόηση/Μοντελοποίηση του Εγκεφάλου - Reverse Engineer the Brain**

Θα εξετάσουμε στη συνέχεια, εν συντομία, τα κεντρικά ζητούμενα στις περιοχές αυτές.

- **Προωθημένες εφαρμογές της Ιατρικής Πληροφορικής - Advanced Health Informatics**

Εκτός από τη συλλογή και τη μακροχρόνια διαχείριση των πληροφοριών, η ιατρική πληροφορική (ή πληροφορική υγείας) πρέπει επίσης να αξιοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας της προσφερόμενης περίθαλψης μέσω των νέων τεχνολογιών. Ορισμένες από αυτές τις τεχνολογίες θα περιλαμβάνουν τη συλλογή ιατρικών δεδομένων χωρίς επίσκεψη στο γιατρό, όπως ασύρματα και φορητά συστήματα για την παρακολούθηση βιολογικών παραμέτρων. Συσκευές παρακολούθησης θα μπορούσαν ακόμα και να υπάρξουν με τη μορφή μικροσκοπικών ηλεκτρονικών αισθητήρων (nano-sensors) ενσωματωμένων σε ρούχα ή μέσα στο ίδιο το σώμα.

Παράλληλα, η ανάγκη για ολοκλήρωση και ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων για έναν πολίτη σε περιφερειακό, εθνικό, ή παγκόσμιο επίπεδο δημιουργεί σημαντικές τεχνι-

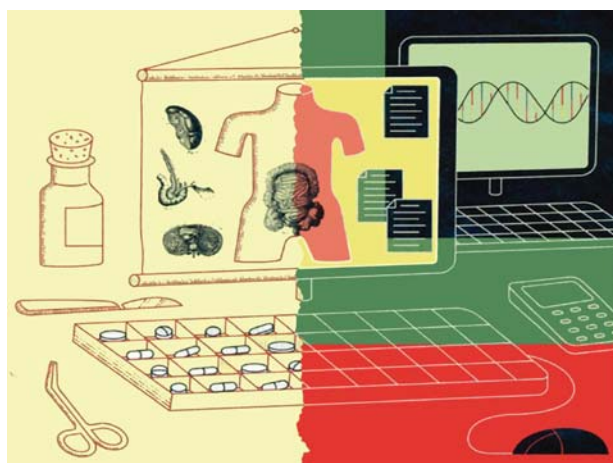
κές και επιστημονικές προκλήσεις.

Όμως η ανάπτυξη συστημάτων και υπηρεσιών όπως αυτά που προαναφέρθηκαν είναι μόνο μέρος της πρόκλησης. Ένας άλλος σημαντικός στόχος είναι η ανάπτυξη αξιόπιστων συστημάτων υποστήριξης των αποφάσεων των επαγγελματιών υγείας. "Υπάρχει ανάγκη," γράφει ο Russ Altman του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ, "για την ανάπτυξη μεθόδων για την αναπαράσταση των βιολογικών γνώσεων, έτσι ώστε οι υπολογιστές να μπορούν να αποθηκεύουν, να χειρίζονται, να ανακτούν και να εξάγουν συμπεράσματα από τις πληροφορίες αυτές με πρότυπους τρόπους".

- **Σχεδιασμός καλύτερων φαρμάκων - Εξατομικευμένη φροντίδα και γενετική επιστήμη**

Στους γιατρούς εδώ και καιρό είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι διαφέρουν όσον αφορά την ευαισθησία τους στις ασθένειες και την αντίδραση τους στα φάρμακα.

Το ανθρώπινο DNA περιέχει περισσότερα από 20.000 γονίδια, τα οποία είναι



Εικόνα 2: Αναπαράσταση του οράματος της εξατομικευμένης φροντίδας - Picture taken from "Medicine goes digital, Special Report, The Economist, April 2009.

αποθηκευμένα στους πυρήνες των κυττάρων μας. Το συνολικό σχέδιο (blueprint) κάθε ατόμου είναι βασικά το ίδιο και αποτελείται από περίπου 3 δισεκατομμύρια "γράμματα" του κώδικα. Λεπτές όμως παραλλαγές σε περίπου 1% του DNA μας - συχνά το αποτέλεσμα του γεγονότος ότι ένα μεμονωμένο «γράμμα» είναι διαφορετικό – δίνουν στον καθένα μας την ατομική μας ταυτότητα.

Οι διαφορές αυτές προδιαθέτουν μερικές φορές τα άτομα σε συγκεκριμένες ασθένειες και επηρεάζουν δραματικά τον τρόπο που το κάθε άτομο αντιδρά στις ιατρικές θεραπείες. Στην ιδανική περίπτωση, οι γιατροί θα είναι σε θέση να διαγνώσουν και να αντιμετωπίσουν τους ασθενείς με βάση τις ατομικές διαφορές τους, μια έννοια που συχνά αναφέρεται ως "εξατομικευμένη ιατρική" (individualised medicine).

Στον πυρήνα της, η εξατομικευμένη ιατρική στηρίζεται στο συνδυασμό γενετικών πληροφοριών με τα κλινικά δεδομένα για τη βέλτιστη προσαρμογή των φαρμάκων ή της θεραπείας γενικότερα, με βάση τα μοναδικά μοριακά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου/ασθενή. "Εξατομικευμένη ιατρική," γράφει ο Λ. Λέσκο από το FDA (US Food and Drug Administration), "μπορεί να θεωρηθεί μια ολοκληρωμένη, διερευνητική προσέγγιση για την πρόληψη, διάγνωση, θεραπεία και την παρακολούθηση των ασθενειών με τρόπους που επιτυγχάνουν τη βέλτιστη ατομική υγεία και τις σχετικές με την περίθαλψη αποφάσεις."

Ήδη κάποιες πτυχές της εξατομικευμένης ιατρικής έχουν τεθεί σε εφαρμογή για ορισμένες ασθένειες. Παραλλαγές ενός γονιδίου που συνδέεται με τον καρκίνο του μαστού, για παράδειγμα, χρησιμοποιού-

νται σαν προγνωστικοί δείκτες αναφορικά με την ευαισθησία της γυναίκας στην ανάπτυξη ή θεραπεία της ασθένειας, και αποτελούν ένα χρήσιμο οδηγό για τη λήψη προληπτικών μέτρων.

Τεράστιες όμως παραμένουν οι προκλήσεις που πρέπει να απαντηθούν για να στηριχθεί αυτό το όραμα της εξατομικευμένης ιατρικής φροντίδας. Οι ποικίλες αυτές προκλήσεις θα πρέπει να αντιμετωπιστούν από τις συνεργατικές προσπάθειες των ερευνητών από πολλούς επιστημονικούς κλάδους, από γενετιστές, κλινικούς γιατρούς, μοριακούς βιολόγους, ειδικούς σε επιστήμη των υπολογιστών και μηχανικούς.

- **Κατανόηση/Μοντελοποίηση του Εγκεφάλου - Reverse Engineer the Brain**

Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου θα επιτρέψει στους μηχανικούς να προσομοιώσουν τις δραστηριότητές του, οδηγώντας έτσι σε ουσιαστικότερη κατανόηση για το πώς και γιατί ο εγκέφαλος λειτουργεί ή αποτυγχάνει. Οι εν λόγω προσομοιώσεις θα προσφέρουν περισσότερο ακριβείς μεθόδους για τη δοκιμή πιθανών λύσεων βιοτεχνολογίας σε διαταραχές του εγκεφάλου, όπως τα φάρμακα ή νευρωνικά εμφυτεύματα (neural implants).

Εξελιγμένες προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε πολλές άλλες εφαρμογές. Για παράδειγμα, προσομοιώσεις των αλληλεπιδράσεων των πρωτεϊνών στα κύτταρα θα ήταν ένας νέος τρόπος για το σχεδιασμό και τις δοκιμές φαρμάκων in-silico.

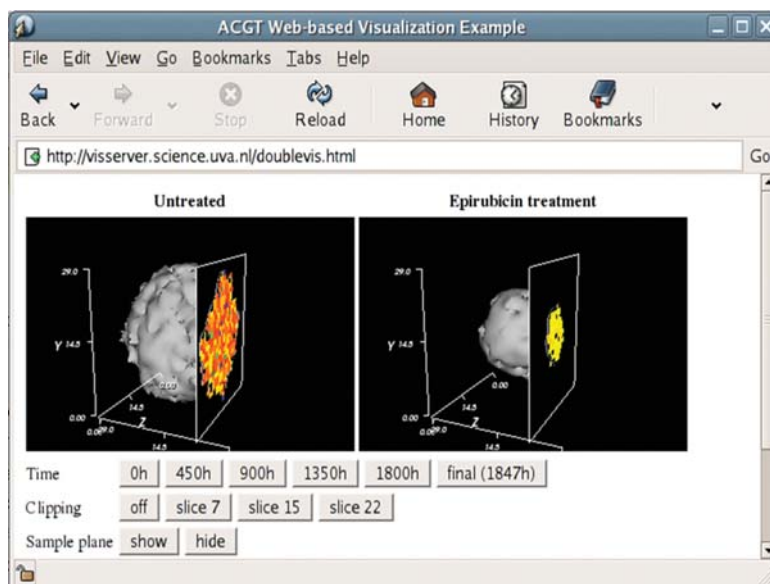
Με βάση την παραπάνω ανάλυση εύκολα κατανοεί κάποιος τις βασικές σημερινές προκλήσεις στην περιοχή – προκλήσεις στις οποίες η ερευνητική και επιστημονική κοινότητα καλείται να δώσει απαντήσεις. Οι

βασικές προκλήσεις αφορούν:

1. Ολοκλήρωση και Διαλειτουργικότητα ιατρικών πληροφοριακών συστημάτων και υπηρεσιών.

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις παραμένει η ολοκλήρωση και η ανάλυση πολυεπίπεδων και ετερογενών δεδομένων

θησα για την υλοποίηση της πολλαπλά υπο-σχόμενης εξατομικευμένης ιατρικής (individualized medicine) και της μοριακής ιατρικής (molecular medicine). Προς την κατεύθυνση αυτή, σημαντικά τεχνολογικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής προτύπων με τα οποία θα καθορίζεται ο τρόπος συνεργασίας



Εικόνα 3: Πληροφοριακό σύστημα για την τρισδιάστατη αναπαράσταση καρκινικού ιστού και την συμπεριφορά τους στον χρόνο σε συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή και εργαλεία για την απεικόνιση της εσωτερικής μορφολογίας του καρκινικού όγκου. Το σύστημα αναπτύχθηκε από ομάδα ερευνητών στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου με ακρωνύμιο ACGT, του οποία είχα την τιμή να είμαι επιστημονικός υπεύθυνος.

που προέρχονται, για παράδειγμα, από πειράματα γονιδιωμικής ή πρωτεομικής ανάλυσης, καθώς και από την κλινική πράξη ή έρευνα (π.χ. ιατρικές εικόνες και ηλεκτρονικά αρχεία ασθενών), προκειμένου να ανακαλυφθούν συσχετίσεις μεταξύ των κλινικών δεδομένων και των γενετικών χαρακτηριστικών του ατόμου – προϋπό-

και συνύπαρξης του παρελθόντος-παρόντος με το μέλλον. Τμήμα των προβλημάτων, σε αυτό το πεδίο δράσης, είναι το θέμα των εννοιολογικών προτύπων. Η ιατρική γλώσσα χρησιμοποιεί ένα εξαιρετικά πλούσιο και δύσκολο λεξιλόγιο. Οι ιατρικοί όροι είναι συχνά ασαφείς και σπανίως αυστηρά προσδιορισμένοι. Η ίδια νόσος μπορεί να

είναι γνωστή με διάφορα ονόματα, που θεωρούνται συνώνυμα. Αντίστροφα, ένας ιατρικός όρος μπορεί να έχει διάφορες ερμηνείες, ανάλογα με τον ομιλούντα και τα συμφραζόμενα. Η πρόκληση για την επίτευξη των παραπάνω είναι η δημιουργία και χρήση συστημάτων ταξινόμησης και κωδικοποίησης της ιατρικής πληροφορίας.

2. Μοντελοποίηση και προσομοίωση της νόσου ή βιολογικών διαδικασιών.

Η μελέτη συστημάτων με μαθηματικές μεθόδους απαιτεί αφενός πλήρη γνώση του υπάρχοντος ή του προτεινόμενου συστήματος, και αφετέρου δυνατότητα αναπαράστασης του συστήματος με μαθηματικά μοντέλα. Επειδή, όμως, οι δύο αυτές προϋποθέσεις σχεδόν ποτέ δεν πληρούνται σε πολύπλοκα συστήματα, αναπτύχθηκαν άλλες μεθοδολογίες μελέτης και ανάλυσης συστημάτων, οι οποίες αν και δεν είναι τόσο ακριβείς όσο οι μαθηματικές μέθοδοι, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Μία από αυτές τις μεθόδους είναι η προσομοίωση, η οποία γνώρισε μεγάλη εξέλιξη κυρίως λόγω της επιστήμης υπολογιστών και τη δυνατότητα για εκτέλεση μεγάλων υπολογισμών σε αποδεκτά χρονικά όρια.

Η προσομοίωση αποτελεί μία πειραματική μέθοδο που έχει ως σκοπό τη βελτιστοποίηση συστημάτων, την ανάλυση της ευαισθησίας τους και τη μελέτη της λειτουργίας τους. Ως πειραματική μέθοδος, εξαρτάται πολύ από την πιστότητα του μοντέλου του συστήματος που χρησιμοποιείται, καθώς και από την επιλογή εκείνων των παραμέτρων που απαιτούνται για την εξαγωγή αξιόπιστων και χρήσιμων συμπερασμάτων. Σήμερα, η όλο και μεγαλύτερη κατανόηση βασικών βιολογικών διαδικα-

σιών – αποτέλεσμα των εξελίξεων στη μοριακή βιολογία και των σχετικών επιστημών – μας δίνει τη δυνατότητα να επιχειρήσουμε την ανάπτυξη πολύπλοκων μοντέλων για την εμφάνιση και/ή την εξέλιξη της νόσου, ή ακόμη μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς συγκεκριμένων οργάνων του ατόμου σε φαρμακευτική ή άλλου είδους θεραπεία. Η χρήση τέτοιων καινοτόμων τεχνολογιών στο μελλοντικό νοσοκομείο θα επιτρέψει την επιλογή της βέλτιστης θεραπείας για τον κάθε ασθενή μέσα από τη σύγκριση του αποτελέσματος διαδοχικών προσομοιώσεων θεραπείας στον υπολογιστή, απαλλιάσσοντας έτσι τους ασθενείς από ανεπιθύμητες παρενέργειες θεραπειών μη αποτελεσματικών για τη νόσο.

Σημαντικές επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις στην περιοχή αυτή απαιτείται να απαντηθούν. Όπως πρόσφατα αναφέρει ο Schadt, et al «Τελικά, η ικανότητά μας να χειριζόμαστε πολύ μεγάλης κλίμακας ετερογενή είδη δεδομένων που αφορούν ολόκληρους πληθυσμούς με στόχο την κατασκευή μοντέλων πρόβλεψης ασθενειών, είναι ίσως το πιο κρίσιμο βήμα που πρέπει να επιτευχθεί στη βιοϊατρική και τις επιστήμες ζωής, αν η ύπαρξη μεγάλης κλίμακας δεδομένων και των αποτελεσμάτων που προέρχονται από την ανάλυσή τους πρόκειται να επηρεάσει συστηματικά τη βιολογική έρευνα και την κλινική πράξη.»

3. Έμπειρα συστήματα και Συστήματα στήριξης αποφάσεων

Οι μελέτες που αφορούν τη λήψη ιατρικών αποφάσεων έχουν δείξει ότι οι στρατηγικές για τη συλλογή και την ερμηνεία των δεδομένων, ενσωματώνονται σε μια επαναληπτική διαδικασία, γνωστή ως υποθετικο-συμπερασματική προσέγγιση (hypothetico

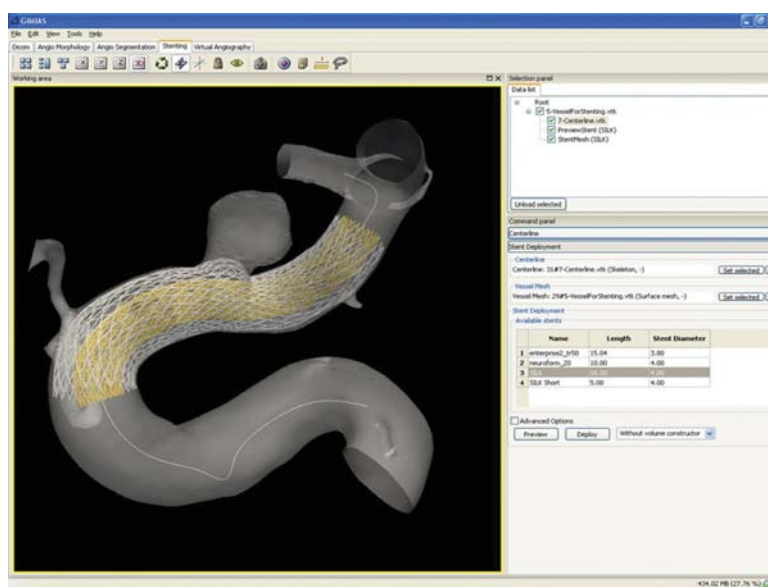
– deductive approach).

Είναι προφανές ότι η βελτίωση των επιδόσεων της υποθετικο-συμπερασματικής διαγνωστικής διαδικασίας απαιτεί εκτός από το υψηλό επίπεδο αντίληψης του ιατρού (που σχετίζεται με την εκπαίδευσή του και τη δυνατότητα συνδυασμού πληροφοριών) και την πρόσβαση σε ένα μεγάλο όγκο δεδομένων. Όμως ο εντοπισμός, η ερμηνεία και η εφαρμογή των αποτελε-

σων είναι η υπάρχουσα γνώση και ποιο το επίπεδο φροντίδας που λαμβάνει ο ασθενής.

Αυτά τα προβλήματα έρχονται να αντιμετωπίσουν τα έμπειρα συστήματα και – κυρίως – τα συστήματα στήριξης ιατρικών αποφάσεων. Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στην Εκόνα 4.

Γενικότερα, η περιοχή της μάθησης εξακολουθεί να έχει κεντρική θέση στην ευρύ-



Εικόνα 4: Σύστημα στήριξης ιατρικής απόφασης αναφορικά με τη βελτιστη επιλογή του είδους και του σημείου τοποθέτησης stent (Από το <http://cilab2.upf.edu/gimias2/>)

σμάτων (ή της γνώσης) που προήλθαν από χιλιάδες κλινικές δοκιμές και μελέτες όπως αυτά έχουν δημοσιευτεί στη επιστημονική βιβλιογραφία, είναι ένα σημαντικό πρόβλημα. Το αποτέλεσμα είναι η αναποτελεσματική μεταφορά της υπάρχουσας γνώσης από την κλινική έρευνα στην κλινική πράξη. Υπάρχει μία τεράστια «διαφορά τάσης» (voltage drop) μεταξύ του

τερη περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής. Μεγάλο ενδιαφέρον προσελκύει ο νέος τομέας της ευφυούς ανάλυσης δεδομένων (intelligent data analysis – IDA) ή εξόρυξης δεδομένων (data mining – DM) με στόχο την ανακάλυψη γνώσης από μεγάλες βάσεις δεδομένων (knowledge discovery in databases – KDD), που με τη σειρά της στηρίζει τη διαδικασία ανάπτυξης

συστημάτων στήριξης ιατρικών αποφάσεων.

Ηλεκτρονική Υγεία και Καινοτομία

Η καινοτομία και η ιατρική πάνε μαζί. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι πιστεύεται ότι έχουν εκτελέσει χειρουργική επέμβαση ήδη από το 2750 π.Χ. και οι Ρωμαίοι έχουν αναπτύξει ιατρικά εργαλεία όπως λαβίδα και χειρουργικές βελόνες. Στη σύγχρονη εποχή η ιατρική έχει επηρεαστεί από κύματα ανακαλύψεων που έχουν φέρει θαύματα όπως τα αντιβιοτικά, τα εμφύλια και τα stents καρδιάς.

Κάθε άλλη μεγάλη βιομηχανία έχει ενσωματώσει με ενθουσιασμό ήδη από τη δεκαετία του '80 την πληροφορική, όμως οι γιατροί στα περισσότερα μέρη του κόσμου εξακολουθούν να λειτουργούν κυρίως με χαρτί και μολύβι.

Σήμερα όμως, αν και σπασμωδικά ακόμα, η ιατρική προσαρμόζεται. Υπηρεσίες τις οποίες δεν μπορούσε καν να φανταστεί κάποιος δέκα χρόνια πριν, είναι τώρα πραγματικότητα εξ αιτίας της ηλεκτρονικής υγείας: ασθενείς στην Αφρική στους οποίους παρέχονται υπηρεσίες φροντίδας από απόσταση, συχνά από γιατρούς από άλλη χώρα ή εθνικά δίκτυα υπηρεσιών υγείας που καθιστούν διαθέσιμο τον ολοκληρωμένο φάκελο υγείας του πολίτη σε κάθε εξουσιοδοτημένο χρήστη από οπουδήποτε υποστηρίζοντας έτσι τη βέλτιστη παροχή υπηρεσιών υγείας, αναφέρει σε πρόσφατη μελέτη ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

Οι επενδύσεις σε εξοπλισμό πληροφορικής στον τομέα της υγείας αυξάνονται διαρκώς. Για παράδειγμα, ο τομέας της Υγείας στην Αμερική επενδύει περίπου 10 με 15 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο σε τεχνολογίες πληροφορικής και το ύψος των επενδύσεων αυξάνεται κατά 15-20% ετησίως. Οι φορείς παροχής υπηρεσιών υγείας αναπτύσσουν ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους ασθενών για αποθήκευση και διαχείριση κλινικής πληροφορίας, αναβαθμίζουν τα συστήματα διοίκησης και λογιστηρίου με στόχο να ελαττώσουν το διαχειριστικό κόστος και αναπτύξουν εσωτερικά δίκτυα για να μοιράζονται την πληροφορία με συνεργαζόμενους φορείς.

Είναι ώριμες οι συνθήκες για την ανάπτυξη τέτοιων υπηρεσιών στη χώρα μας;

Ακούγεται συχνά ότι οι υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας δε θα μπορούσαν να λειτουργήσουν στη χώρα μας. Για να μπορέσουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να κατανοήσουμε ότι με τον όρο «υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας» αναφερόμαστε σε σύνθετες τεχνολογικά αλληλά και λειτουργικά καινοτομίες. Απαιτείται λοιπόν να κατανοήσουμε τις διαδικασίες αποδοχής τεχνολογικών καινοτομιών και των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν τις διαδικασίες αυτές.

Έχουν αναπτυχθεί διεθνώς αρκετές επιστημονικές μέθοδοι για την κατανόηση και την ανάλυση των «κύκλων ζωής» των τε-



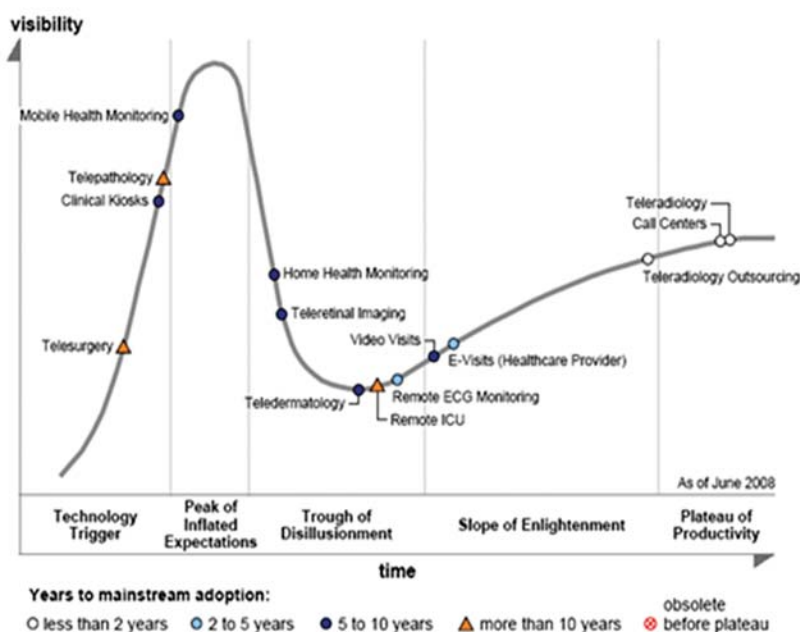
χνολογικών καινοτομιών. Μία τέτοια μέθοδος είναι η Gartner Hype Cycle που αναπαριστά το πώς οι τεχνολογικές καινοτομίες εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Οι βασικοί αυτοί κύκλοι ζωής είναι:

- α) **Τεχνολογικό έναυσμα** (Technology Trigger),
- β) **Κορύφωση των προσδοκιών** (peak of inflated expectations),

Υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας

Με βάση την παραπάνω θεώρηση και κατανόηση των «κύκλων ζωής» μιας τεχνολογικής καινοτομίας αξίζει να δούμε τις σημαντικές εκτιμήσεις αναφορικά με την περιοχή της ηλεκτρονικής υγείας και των σχετικών υπηρεσιών. Η εκτίμηση αυτή παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω σχήμα, και αναλύεται στη συνέχεια.

Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 5, αρ-



Εικόνα 5: Gartner Hype Cycle για τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας

- γ) **Χαμηλό απογοήτευσης** (trough of disillusionment)
- δ) **Πηλαγιά του Διαφωτισμού** (Slope of enlightenment), και
- ε) **Οροπέδιο της Παραγωγικότητας:** φάση κατά την οποία ξεκινά η εκτεταμένη αποδοχή.

κετές από τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας βρίσκονται είτε στην Πηλαγιά του Διαφωτισμού (Slope of enlightenment), είτε στο οροπέδιο της Παραγωγικότητας, άρα είναι ώριμες οι συνθήκες για την εκτεταμένη ανάπτυξη και εφαρμογή τους. Αποτελεί εθνική πρόκληση η αντίστοιχη ανάπτυξη και εφαρμογή αντίστοιχων υπηρεσιών στη χώρα μας.

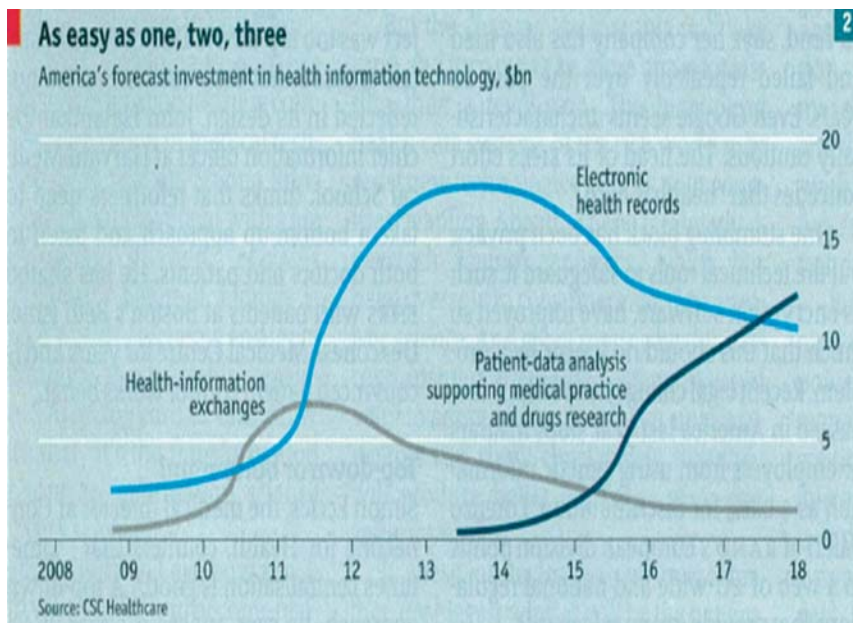
Είναι οικονομικά σημαντική η δημιουργία αγοράς υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας;

Σε πρόσφατη μελέτη εκτιμάται το συνολικό μέγεθος της αγοράς υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας στην Αμερική, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως συνέχεια της έκθεσης Aho με τίτλο «Δημιουργώντας μια καινοτόμο Ευρώπη», πρότεινε μία νέα πρωτοβουλία για τη δημιουργία πρωτοπόρων αγορών (Lead Market Initiative) με στόχο να διευκολύνει τη δημιουργία και

Όλα αυτά πιστεύω ότι δείχνουν τη σημαντική προοπτική που – με βάση όλες τις μελέτες και στρατηγικές αναλύσεις - έχει η περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής γενικά αλλά και των υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας ειδικότερα.

Όμως για να επιτευχθεί η ανάπτυξη της αγοράς αυτής θα πρέπει να ξεπεραστούν σημαντικά εμπόδια, αγκυλώσεις και ξεπερασμένες αντιλήψεις.



Εικόνα 6: Η αγορά υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας στην Αμερική

εμπορία νέων καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών σε υποσχόμενους τομείς. Επιλέχθηκαν έξι τομείς ως «πρωτοπόρες αγορές». Συγκεκριμένα: Ηλεκτρονική Υγεία (eHealth), Αειφόρος δόμηση (Sustainable construction), Προστατευτικά υφάσματα (Protective textiles), Βιολογικά προϊόντα (Bio-based products), Τεχνολογίες Ανακύκλωσης (Recycling) και Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Renewable energies).

Ο ρόλος της εκπαίδευσης και της έρευνας

Σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας έως σήμερα αναφορικά με την ανάπτυξη, εισαγωγή και χρήση εκτεταμένων πληροφοριακών υποδομών και ηλεκτρονικών υπηρεσιών έως σήμερα – πιστεύω – είναι και το γεγονός της έλλειψης ικανού αριθμού εξειδικευμένου επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού.

Επίσης, οι αδυναμίες της υπάρχουσας ελληνικής βιομηχανίας ιατρικής και βιοϊατρικής πληροφορικής σε μεγάλο βαθμό αντανakλούν αυτήν την έλλειψη υψηλού επιπέδου εξειδικευμένου προσωπικού και φυσικά την έως τώρα αδυναμία της να κατανοήσει τη σημασία της επένδυσης στην έρευνα.

Είναι αναγκαίο ως εκ τούτου το τριτοβάθμιο εκπαιδευτικό μας σύστημα να εστιάσει με μεγαλύτερη έμφαση στην παραγωγή επιστημόνων και μηχανικών υψηλού επιπέδου – με εξειδίκευση στα ιδιαίτερα θέματα που απασχολούν την περιοχή.

Αναφορικά με την έρευνα, πέραν από τη μελέτη των βασικών ερευνητικών θεμάτων που απασχολούν την περιοχή – όπως αυτή κινείται προς την κατεύθυνση της υποστήριξης του οράματος της εξατομικευμένης φροντίδας – να εστιάσουμε και σε θέματα επιχειρησιακής έρευνας και καινοτομίας. Είναι γνωστό ότι η διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής ηλεκτρονικών υπηρεσιών υγείας δεν είναι μία γραμμική, ντετερμινιστική διαδικασία. Η έρευνα αναφορικά με τη σχέση μεταξύ οργανωτικών δομών και τεχνολογίας (the relationship between organizational structure and technology) παρότι μελετάται από το 1960 εξακολουθεί να εμπεριέχει πολλή ερωτήματα. Αυτά πρέπει άμεσα να διερευνηθούν-απαντηθούν ώστε να καταστεί εφικτή η σταδιακή ανάπτυξη της εθνικής βιομηχανίας βιοϊατρικής πληροφορικής και ηλεκτρονικών υπηρεσιών υγείας και κοινωνικής φροντίδας.

Διεπιστημονικότητα της περιοχής

Τελειώνοντας θα ήθελα να τονίσω το γεγονός ότι - όπως φαίνεται από τα προ-

γούμενα - μία από τις κεντρικές προκλήσεις της περιοχής είναι η έντονη διεπιστημονικότητα της. Είναι πρακτικά πολύ δύσκολο για κάποιον μηχανικό πληροφορικής να σχεδιάσει καινοτόμες λύσεις στην περιοχή της βιοϊατρικής πληροφορικής και της ηλεκτρονικής υγείας, αν δεν κατανοήσει σε βάθος την ίδια την ιατρική διαδικασία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά οργάνωσης και λειτουργίας των φορέων υγείας και τα εξειδικευμένα τεχνολογικά και εννοιολογικά πρότυπα που εφαρμόζονται στην περιοχή. Κατανόηση που επιτυγχάνεται μόνο με τη στενή και μακρόχρονη συνεργασία με τον ιατρικό κόσμο.

Είναι επίσης πολύ δύσκολο για τον ερευνητή στην περιοχή, να οδηγηθεί σε νέες ανακαλύψεις και καινοτόμες λύσεις αν δε συνεργαστεί στενά και σε βάθος με πηλιάδα άλλων ερευνητών από τις περιοχές της μοριακής βιολογίας, της ιατρικής, της βιοχημείας και των νέων υλικών.

Η παραπάνω θεώρησή μου για την περιοχή, τις προκλήσεις που αυτή αντιμετωπίζει και τη – δυνητική – συνεισφορά της στην ανάπτυξη τόσο ποιοτικών υπηρεσιών για τον πολίτη, όσο και τον εξυγχιονισμό της λειτουργίας του σημαντικού αυτού τομέα της εθνικής οικονομίας (10% του ΑΕΠ), αλλά και τη δημιουργία προϋποθέσεων ανάπτυξης σοβαρής εθνικής βιομηχανίας βιοϊατρικής πληροφορικής και υπηρεσιών ηλεκτρονικής υγείας, πιστεύω ότι εξηγεί τις ακαδημαϊκές και ερευνητικές φιλοδοξίες μου εντασσόμενος στο ακαδημαϊκό προσωπικό του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης.