

Data Science və Onun Tibbi İxtisaslar üzrə Proyektsiyaları

Məkrufə Hacırahimova¹, Hicran Gözəlova²

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

¹makrufa@science.az, ²gozalova@yandex.co

Xülasə– Məqalədə Data Science-in mahiyyəti şərh olunmuş, bir fənn kimi səhiyyə sahəsinə müvəffəqiyyətlə inteqrasiyasından bəhs olunmuşdur. Həmçinin Data Science-in tibbi ixtisaslar üzrə tədrisində beynəlxalq təcrübə araşdırılmışdır.

Açar sözlər– böyük verilənlər; verilənlər elmi; data scientist; datalogiya, səhiyyə, tibbi informatika.

I. GİRİŞ

Böyük həcmdə məlumatların toplanması, saxlanması, emalı və analizi müasir cəmiyyətin fərqləndirici xüsusiyyətlərindəndir. Bu xüsusiyyətlər maşın təlimi və mühəndislik, iqtisadiyyat və tibb kimi qarşılıqlı sahələrə aiddir. Dünyada rəqəmsal informasiyanın və onun dəyərinin sürətlə artması verilənlərin mövcud emalı texnologiyalarına və faydalı informasiyanın çıxarılmasına yeni tələblər irəli sürür. Bu çağırışlara cavab olaraq “big data” adlandırılan texnologiyalar yaranmışdır və sürətlə inkişaf edərək bütün fəaliyyət sahələrini əhatə etməkdədir. Son illərdə böyük informasiya selinə məruz qalan və onlardan müxtəlif alqoritmlərin, texnologiyaların köməyi ilə faydalı informasiyaları aşkarlayan Google, Oracle, IBM, Microsoft, Amazon, Facebook və s. şirkətlərin Big data layihələri işlənmişdir. Bu tip layihələrin səhiyyə sahəsində müvəffəqiyyətlə tətbiqi də mümkündür [1, 2]. Son bir neçə onilliklərdə səhiyyə sahəsində verilənlərin (*pasiyentlərin elektron tibbi yazıları, dərman vasitələri, elektron reyestr sistemləri və s.*) həcmi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Analitiklərin hesablamalarına görə, səhiyyə sahəsində yaradılan rəqəmsal verilənlər dünyada verilənlərin təqribən 1/3-ni (30%) təşkil edir. Dünyada əhalinin sayının durmadan artması, onların uzun və sağlam ömür sürməsi üçün təklif olunan model və proqramların əsasını da məhz Big data təşkil edir [3,4]. “Big data” termini 1 terabaytdan başlamış zettabaytlara qədər mürəkkəb strukturlu, müxtəlif tip, yüksək sürətli, çox böyük həcmli verilənlər toplusuna aiddir [5]. Çox zaman mütəxəssislər verilənlərin hansından və necə istifadə etmək seçimi qarşısında qalırlar.

Big data qarşılıqlı əlaqəli verilənlər toplusunun analizi nəticəsində insan səhhətindəki təhlükələri analiz etməyə, epidemiyaları proqnozlaşdırmağa, xəstəlikləri müalicə etməyə və həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün vacib olan məlumatı əldə etməyə imkan verir. Yəni, yeni nəzəriyyələr, yeni üsullar, analitik alətlər həkimlərə, alimlərə böyük verilənlərdə gizli biliklərin aşkarlanmasında kömək edə bilər. Bu, verilənlər haqqında elmin (*data science*) əsasını təşkil edir [5,6]. Verilənlər haqqında elm, bəzən də datalogiya (*datalogy*) adlandırılan bu akademik sahə informatikanın bir bölməsi olmaqla rəqəmsal verilənlərin emalı, analizi və təqdim olunması

problemlərini öyrənir [7-9]. “Big data” konsepsiyasının populyarlaşması ilə o, həm müxtəlif elmlər, həm də biznes strukturları kimi maraqlı tərəflərin diqqətini cəlb etmişdir. Belə ki, böyük verilənlərdən biliklərin aşkarlanmasında yeni keyfiyyətdə kadrlara (ing. *data scientist*) ehtiyac yaratmışdır.

Məqalənin məqsədi, “data science”-in tarixi və terminoloji aspektlərini, mahiyyətini göstərmək və bir fənn kimi dünyada tədrisi vəziyyətinin analizindən ibarətdir.

II. VERİLƏNLƏR HAQQINDA ELM

“Kim informasiyaya malikdirsə, o da dünyaya sahibdir”. Bu aforizmə bir qədər düzəliş etsək: “Dünyanı verilənlərə və onların analizi texnologiyalarına malik olanlar idarə edir”. İnformasiyanın alınması üsullarına sahib olmaq verilənlər haqqında elm – data science adlanır. Termin kimi “data science” ilk dəfə 1960-cı illərdə Peter Naur tərəfindən səsləndirilmiş [10], fənn kimi isə keçən əsrin 60-cı illərindən formalaşmağa başlamışdır. Ancaq, termin 1990-cı illərdə geniş istifadə olunmağa başlamış və 2000-ci illərin əvvəllərindən hamı tərəfindən qəbul edilmişdir. Təsadüfi deyildir ki, 1966-cı ildə Elm və Texnika üçün Məlumat Komitəsi (CODATA – International Council for science: Committee on Data for Science and Technology) təsis edilmişdir [7].

Peter Naur “Concise Survey of Computer Methods” kitabında verilənlər haqqında elmi rəqəmsal verilənlərin həyat dövrünü (*yarandığı andan başqa bilik sahələrinə təqdim olunmaq üçün edilən dəyişikliklərə qədər*) öyrənən bir fənn kimi təlimi sahəsində tanınmış alim Uilyam Klivlend (*William S. Cleveland*) isə statistik tədqiqatların texniki aspektlərinin inkişaf planında diqqəti “data science” fənninin tədrisi məsələsinə yönəlmiş, “data science”-i ayrıca akademik fənn kimi irəli sürmüşdür [11]. Məqsəd isə “data scientist” adlanan kadrların hazırlanmasına marağı stimullaşdırmaqdır. Həmin vaxtdan da (2002-ci ildən) CODATA-nın “Data Science Journal”-ı nəşr olunmağa başlanmışdır.

“Data science” ilə bilavasitə əlaqədar digər tarixi faktlar mövcuddur [12]:

- 1977-ci ildə Statistik Hesablamalar üçün Beynəlxalq Assosiasiyanın (The International Association for Statistical Computing – Section of the ISI) ənənəvi statistik metodlarla müasir kompüter texnologiyaları və ekspertlərin nəticələrini əlaqələndirərək verilənləri informasiyaya və biliyə çevirmək üçün xüsusi seksiya yaradılmışdır.

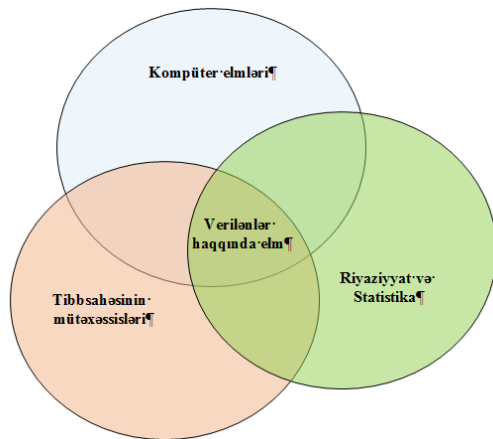
• 1989-cu ildə Qriqoriy Piatetski-Şapiro verilənlər bazasında biliklərin aşkarlanması (Knowledge Discovery in Databases – KDD) cəmiyyətini yaratmış və 1995-ci ildən hər il keçirilən ACM SIGKDD konfransına çevrilmişdir.

• 1996-cı ildə verilənlər elmi Təsnifatlandırılmış Cəmiyyətlərin Beynəlxalq Federasiyasının (International Federation of Classification Societies) üzvləri tərəfindən Tokioda, ilk dəfə konfransın adına çıxarılaraq “Data science, classification, and related methods” adlı konfransı keçirilmişdir.

• 1997-ci ildə IBM şirkəti tərəfindən “Biliklərin Aşkarlanması və Verilənlərin İntellektual Analizi” (Knowledge Discovery and Data Mining) jurnalı işıq üzü görmüşdür [13].

İngilis dilində “science” sözünün ancaq “elm” deyil, həm də “bacarıq”, “məharət”, “qabiliyyət” kimi mənaları vardır. Ona görə də “data science” termini hərfi mənada “verilənlər haqqında elm” kimi tərcümə olunmamalıdır. O, bilik və bacarıqlara əsaslanan elmdir. Verilənlər haqqında elm ənənəvi informatikadan başlayaraq riyaziyyata qədər müxtəlif sahələr üzrə bacarıq və vərdiş tələb edir. Bu elmin əsas məqsədi verilənlərdə gizli qanunauyğunluqların tapılması, verilənlərdən ümumiləşdirilmiş halda biliklərin aşkarlanmasıdır. Başqa sözlə “data science” verilənləri yalnız informasiyaya deyil, həmçinin məhsula çevirməlidir. “Data science” bir çox elm sahələrinin kəsişməsidir. “Big data” texnologiyalarının tətbiq sahələri artdıqca, bu kəsişmələrin sayı da artır. Onun fundamental əsaslarını isə maşın təlimi, data mining və text mining, süni intellekt, təbii dilin emalı, prediktiv modelləşmə, vizuallaşdırma, təhlükəsizlik və s. kimi elm sahələri təşkil edir.

Bu sahədə vacib olan bacarıqlar adətən, mütəxəssisə lazım olan ümumi fənlərlə informasiya texnologiyalarındakı təcrübələrin və riyazi statistika biliklərinin kəsişməsi – Venn diaqramı [10] vasitəsilə təsvir olunur. Tibb sahəsi üzrə bu diaqramı aşağıdakı kimi (şəkil 1) təsvir etmək olar.



Şəkil 1. Venn diaqramı

Big data-nın potensialından tam istifadə etmək üçün yalnız verilənlər, alətlər və infrastruktur deyil, həmçinin “nəhəng verilənlər dağını aşmağa” kömək edən çoxlu sayda bacarıq da tələb olunur. Bu sahə ilə məşğul olmaq üçün “data scientist” adlanan yüksəkixtisaslı mütəxəssislərə ehtiyac vardır. Bu

mütəxəssislər böyük verilənlərdə qanunauyğunluqların aşkarlanmasında təşkilatlarda aparıcı rola malikdirlər.

Ümumiyyətlə, 2013-cü ildən başlayaraq dünyanın bir çox aparıcı universitetlərində: Dandi Universitetində (Şotlandiya); Oklend Universitetində (Yeni Zelandiya); London İmperial Kollecinə; Cənubi Kaliforniya Universitetində; Vaşinqton; Berkli; Nyu-York Universitetlərində “data science” akademik fənn kimi bakalavr, magistr və doktorant pilləsində tədris olunur. Belə proqramlar Big data-nın potensialından maksimum istifadə etmək üçün hesablaşma modelləri, modelləşdirmənin və proqnozlaşdırmanın riyazi metodları, müasir proqramlaşdırma metodları, verilənlərin əldə edilməsi, saxlanması və analizi kimi fundamental hazırlığı təmin etməyi nəzərdə tutur. Son zamanlar “data science” tədris edən universitetlərin sayı getdikcə artmaqdadır. Türkiyədə Sabancı Universitetində, Rusiyada Ali İqtisadiyyat Məktəbində və s. magistr pilləsi üzrə proqram tədris olunmağa başlanmışdır. Qeyd edək ki, “data scientist” ixtisası son illərdə dəbdə olan perspektivli ixtisaslardandır.

McKinsey şirkəti 2018-ci ilədək ABŞ-da 440-490 min “data scientist” ixtisaslı mütəxəssisə tələbatın olacağını proqnozlaşdırır. Bu tip proqnozlar bu sahədə təhsil proqramlarının yaranması məsələsini bir qədər də sürətləndirmişdir .

III. SƏHIYYƏDƏ DATA SCIENCE

Data Science tibb işçilərinə xəstəliklərin qarşısını almağa, yaxud sağlamlığa qarşı hər hansı təhlükədən qorunmağa imkan verir. Axtarış və proqnostik verilənlərin analizinin kombinasiyasından istifadə etməklə konkret xəstəliyi daha az xərc çəkməklə və daha effektiv müalicə etmək mümkündür.

ABŞ-ın səhiyyə sistemində aparılan islahatlar üzrə McKinsey & Company tərəfindən hazırlanmış hesabatda səhiyyə sahəsində toplanan Big data-nın 4 əsas mənbəyi qeyd edilir [2, 14]:

1. *Aktivlik (iddialar, tələblər) və xərclər haqqında verilənlər.* Bu verilənlər göstərilən tibbi yardımın həcmi, eləcə də bu yardıma çəkilən xərcləri əhatə edərək, sistemin təchizatçıları tərəfindən təqdim olunur. Belə təhlil xəstəliklərin yayılmasını və sağlamlığa olan təhlükələri bir prioritet kimi qabardır, xüsusi xəstəlikləri daha qənaətli və effektiv üsullarla müalicə etmək üçün faydasız prosedurların sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa kömək edir. Bir faktı qeyd etmək lazımdır ki, ABŞ-da səhiyyə sistemində qrup və fərdlərin tibbi verilənlərini analiz edən xüsusi alət istifadə edilir. Bu alət gələcəkdə çox baha başa gələ biləcək müalicənin, ilkin dövrdə daha az xərcə, profilaktikasını aparmağa imkan verir.

2. *Klinik verilənlər.* Bu verilənlər pasiyentin müayinəsi zamanı toplanmış müxtəlif laborator analizlərdən, tibbi təsvirlərdən və həkim qeydlərindən ibarətdir.

3. *Farmaseptik R & D verilənlər.* Son illər bir çox əzaçı kompaniyalar arasında əməkdaşlıq əlaqələri həyata keçirilir ki, bu da onlara biliklərini birləşdirməyə imkan verəcək, böyük üstünlük qazandıracaq. ABŞ-ın böyük şirkətlərindən olan Pfizer və Novartis öz verilənlərini təcrübə olaraq, *cilnicaltrials.gov* saytında sınaqdan keçirmişlər. Böyük Britaniyada isə GlaxoSmithKline şirkəti, klinik verilənlərin sınaqdan

keçirilməsi məqsədilə SAS İnstitutu ilə əməkdaşlığı genişləndirməyə qərar vermişdir. Belə sınaq-təcrübələrin müqayisəsi gərəksiz verilənlərin çıxarılmasına və yeni nailiyyətlərin əldə olunmasına gətirib çıxarır.

4. *Pasiyentin davranış verilənləri.* Bu verilənlər, pasiyentin daşıyıcı qurğularda izlənən fəaliyyətini, təcrübəsini, həmçinin sosial mediada həyat tərzini əks etdirən, strukturlaşdırılmamış informasiyaları əhatə edir.

Tibbi personal pasiyenti qəbul edərkən, onun haqqında çoxlu sayda məlumat toplayır. Xəstəxana üçün adi sayılan bu iş, tibbi şəraitdə xüsusi şəxslər tərəfindən identifikasiya oluna bilən emal algoritmi kimi qəbul olunur. Verilənlərin böyük sürətlə artdığı bir zamanda bu tip modellər tibbi personalın işini getdikcə daha da çətinləşdirir.

Verilənlər üzrə tədqiqatların nəticələrinin toplanması və müalicənin tezləşdirilməsi məqsədilə xərçəng xəstəliyinin tarixi verilənlərinin analizi və inteqrasiyası həyata keçirilir. Bu cür böyük həcmli verilənlərin toplanmasında məqsəd onkoloji xəstəliklərin tam müalicəsini təmin etməkdir.

Gələcəkdə, Data Science bir akademik sahə kimi səhiyyə üçün daha çox əhəmiyyət kəsb edəcəkdir. Proqnozistik nəticələr xəstəlik üzərində vaxtında aparılmış profilaktik tədbirlərə təkan verəcəkdir. Xəstəliklərdən sonra iş qabiliyyətinin daha tez bərpa, narkomanların sağlam həyata qayıdaraq daha çox yaşaması, xəstəxanalarda əməliyyatlardan daha çox effektiv nəticələr əldə edilməsi verilənlərin analizindən çox asılıdır. Bir sözlə tibbi verilənlərin analizindən yararlanmaq üçün data scientist-lərə böyük ehtiyac var.

Big data erasında səhiyyə sahəsində pasiyenti hərtərəfli təsvir etmək üçün əldə edilən verilənlər selindən faydalı olanını daha effektiv vasitələrlə, müxtəlif bacarıq və üsullarla aşkarlamaq üçün xüsusi ideyalara ehtiyac vardır [15].

Elektron tibbi yazılar (*EHR – electronics health records*) sistemləri vasitəsilə böyük həcmdə verilənlər toplanır. Bu verilənlər toplusundan istifadə edərək düzgün qərar qəbul etmək üçün analitika həlledici rol oynayır. Sadə və ümumi sorğular artıq zaman tələb etdiyindən, adətən, tibbi verilənlərə əsaslanmış müvafiq qərar qəbul edilir.

EHR-də tibb müəssisəsində pasiyentin səhhətində baş verən bütün dəyişikliklər əks olunur. Müvafiq informasiyanın intellektual analizi xəstəliyin inkişafının qanunauyğunluqlarını aşkar etməyə, ağırlaşmaları və müalicə üsulunun nəticələrini proqnozlaşdırmağa şərait yaradır [16].

EHR pasiyentin müayinəsində xərcləri xeyli azaldır və xroniki xəstəliklərin müalicəsini, effektivliyini artırır.

Əvvəldə də qeyd olunduğu kimi, səhiyyədə əldə edilən müvəffəqiyyət 3 elm sahəsi arasında sıx əlaqənin olmasına əsaslanır:

- Predmet sahəsində verilənlərdən əldə edilən böyük bilik və təcrübə;
- Riyaziyyat, statistika və maşın təliminə əsaslanmış analitik üsul və bacarıqlar;
- Informatika və proqramlaşdırma bacarıqları.

IV. DATA SCIENCE-İN TƏDRİSİNDƏ BEYNƏLXALQ TƏCRÜBƏ

Qeyd olunduğu kimi, data science-in əsas məqsədi verilənlərdə əvvəlcədən məlum olmayan qanunauyğunluqların tapılması və biliklərin aşkarlanmasıdır [15]. Səhiyyə sahəsində bu bilikləri aşkarlayan elmi “Heath Data Science” kimi adlandırılır. Heath Data Science, pasiyent haqqında toplanmış böyük həcmli verilənlərin informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) tətbiqi ilə sistemə yerləşdirilməsini və oradan faydalı informasiyanın əldə edilərək, düzgün qərarlar qəbul edilməsinə imkan verən çoxprofilli ixtisasdır.

Heath Data Scientist isə səhiyyə sahəsində aparılan tədqiqatla əsaslanaraq sağlamlıqla bağlı suallara cavab axtarır.

Heath Data Science, yeni bir istiqamət olsa da, gələcəkdə bu sahədə daha çox səməərə əldə etməyə imkan verəcəkdir [16].

İnformasiya texnologiyalarının səhiyyəyə inteqrasiya etdiyi bir zamanda, tibbi personal böyük həcmdə rəqəmsal, həmçinin klinik verilənlərin toplanması, saxlanılması və qərarların qəbul edilməsi məsələsi ilə yüklənirlər. Belə məsələlərin həlli verilənlərin intellektual analizi aparılmadan mümkün deyil [[18],18]. Bu da öz növbəsində yüksəkixtisaslı kadr hazırlığı tələb edir. Əvvəldə qeyd edildiyi kimi dünyada data science bir çox universitetlərdə bu və ya digər formada tədris olunmaqdadır. Bu universitetlərdə dərslər kredit sistemləri əsasında keçirilir. Kredit sistemi tələbənin təhsil müddətindəki fərdi planı, "kredit" isə tələbənin tədrisdə kəmiyyət göstəricisidir.

Bu gün dünyada əsasən iki akademik kredit sistemi daha geniş yayılmışdır:

- ABŞ Kredit sistemi (USCS – United States Credit System).
- Avropa Kredit Transfer Sistemi (ECTS – European Credit Transfer System).

ABŞ Kredit sistemi XX əsrin əvvəllərindən tətbiq olunur və semestr müddətində 15-18 kredit qazanmaq imkanı verir. ABŞ-da adətən qrup həftədə 3 saat (150 dəqiqə) dərs keçirsə, bu o deməkdir ki, bakalavr səviyyəsində 1 kredit saati 1 saatlıq mühazirə/seminar və 2 saatlıq ev işinə bərabərdir. Magistr səviyyəsində isə 1 kredit saati 1 saatlıq mühazirə və 5 saatlıq ev işinə bərabərdir. Bakalavrlar üçün 1 semestrə orta tədris yükü 15 kreditə bərabərdir ki, bu da 45 (*15 saat auditoriya vaxtı və 30 saat auditoriyadan kənar saat*) saat dərsdə iştirak deməkdir. Magistrlərdə isə bu müvafiq olaraq 9 kredit və 54 saat dərsdə iştirak və oxumaq deməkdir.

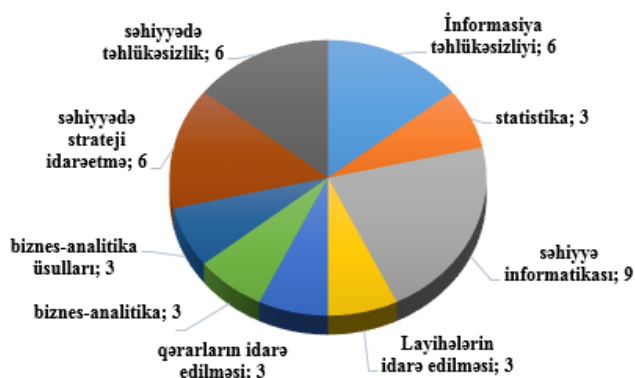
İkinci sistem isə (Avropa Kredit Transfer Sistemi) XX əsrin 80-ci illərindən tətbiq olunmağa başlanıb və 1 semestrə 30-33 kredit qazanmaq imkanı verir.

Kaliforniya Universitetinin UC Davis tibb mərkəzində tibbi informatikanın mükəmməl öyrənilməsi üçün magistr pilləsinin dərs proqramı işlənmişdir. Bu proqram səhiyyə informatikası sahəsində karyerasını davam etdirmək arzusunda olan professionallar üçün nəzərdə tutulmuşdur. Proqram insanla kompüterin qarşılıqlı əlaqəsinə əsaslanaraq, elektron tibbi sənəd dövriyyəsi, teletibb, səhiyyənin, həmçinin pasiyentin verilənlərinin təhlükəsizliyi kimi fənlərin tədrisindən ibarətdir [[20]]. Diaqramda fənlərin qarşısındakı rəqəmlər uyğun olaraq bu fənn üzrə kreditlərin sayını göstərir (şəkil 2).



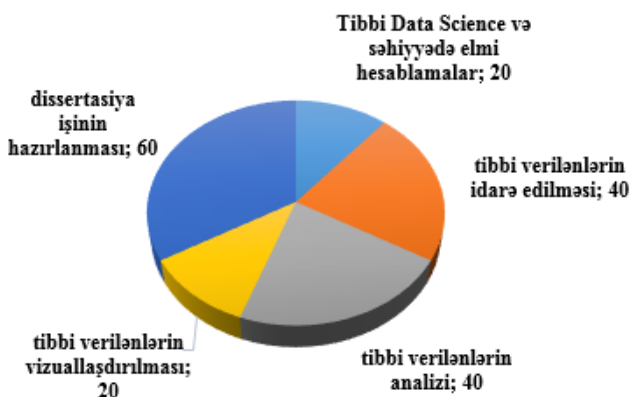
Şəkil 2. UC Davis tibb məktəbində tədris olunan fənlər

Miçiqan Devinqton Universitetində tibbi informatika və informasiyanın idarə edilməsi sahəsində magistr pilləsi üzrə yaradılmış proqram biznes, texnologiya və səhiyyənin inteqrasiyasını təmin edir. Bu mütəxəssislər texnologiya peşəkarları, idarəetmə sahəsinin mütəxəssisləri və tibb işçilərini sıx surətdə birləşdirən data scientist-lərdir [[20]]. Proqram üzrə tədris olunan fənlər isə diaqramda (şəkil 3) göstərilmişdir.



Şəkil 3. Miçiqan Devinqton Universitetində tədris olunan fənlər

Böyük Britaniyanın Svensi Universitetində səhiyyə sahəsi ilə İKT sahəsinin qarşılıqlı əlaqəsindən yaranan proqram hazırlanmışdır. Bu proqram insanın sağlamlığı haqqındakı verilənlərin alınmasını təmin edən yeni-yeni üsulların işlənilməsinə əsaslanmışdır [[16]]. Proqram üzrə tədris olunan fənlər isə şəkil 4-də göstərilmişdir.



Şəkil 4. Böyük Britaniyanın Svensi Universitetində tədris olunan fənlər

Bu təhsil proqramlarını öyrənməklə məzunlar böyük verilənləri sərbəst şəkildə idarə edə biləcək və səhiyyə müəssisələrini tərəfindən arzuolunan mütəxəssis kimi qəbul ediləcəklər. Tədris olunan əsas fənlər tibbi informatika, proqramlaşdırma, alqoritm, verilənlər bazası, riyaziyyat, statistika, verilənlərin analizi, verilənlərin kompüter emalı, paylanmış sistemlər, böyük verilənlər alətləri və verilənlərin vizuallaşdırılmasıdır.

V. NƏTİCƏ

Verilənlər artdıqca, onları emal etmək üçün informatika və tətbiqi riyaziyyat, statistika və s. kimi elmlərin kəşiməsindən alınan “data science” akademik fənn meydana gəlmişdir. O, bir sıra Amerika və Avropa ölkələrinin aparıcı universitetlərində müxtəlif səviyyələrdə (*bakalavr, magistr, doktorantura*) tədris olunur. Elmdə multidissiplinar sahələrin çoxalması, həmçinin “big data” texnologiyalarının bütün fəaliyyət sahələrinə, o cümlədən tibbə nüfuz etməsi ilə bu sahələrdə ixtisaslı kadrların hazırlanmasında “data science” proqramlarının tədrisinə tələbat da artmışdır. Azərbaycanda da “data science”-in tədrisi, haqqında düşünməyin vaxtı çatmışdır.

ƏDƏBİYYAT

- [1] 4 Big reasons why healthcare needs data science, www.cio.com/article/3001216/analytics/4-big-reasons-why-healthcare-needs-data-science.html
- [2] The role of big data in medicine, www.mckinsey.com/industries/pharmaceuticals-and-medical-products/our-insights/the-role-of-big-data-in-medicine
- [3] B. Kayyali, D. Knott, S. V. Kuiken “The big-data revolution in US health care: Accelerating value and innovation” www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/the-big-data-revolution-in-us-health-care
- [4] M. Bernard, “How Big Data Is Changing Healthcare”, www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/04/21/how-big-data-is-changing-healthcare/
- [5] R.M. Əliquliyev, M.Ş. Hacırahimova, “Big Data” fenomenoni: problemlər və imkanlar, *Informasiya texnologiyaların problemləri*, №2, səh. 3-16, 2014.
- [6] The digital universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East. Study report, IDC, December 2012.
- [7] www.ru.wikipedia.org/wiki/Hayp,_Perep
- [8] P.Naur, Data science is the science of dealing with data, once they have been established, while the relation of data to what they represent is delegated to other fields and sciences, 1974.
- [9] www.whatsthebigdata.com/2012/04/26/a-very-short-history-of-data-science/
- [10] P.Naur Datalogy, the science of data and of data processes and its place in education, Proc. IFIP Congress, Edinburgh, Scotland,. Amsterdam: North-Holland, 1968, pp. 48-52.
- [11] Cleveland W.S., Statistics Research, Data Science: An Action Plan for Expanding the Technical Areas of the Field of Statistics, 2001, www.stat.purdue.edu/~wsc/papers/datascience.pdf
- [12] www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/17-analytic-disciplines-compared
- [13] www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-datascience/
- [14] www.anjulbhambhri.wordpress.com/2012/04/27/new-and-exciting-career-opportunities-for-it-professionals-data-scientist/
- [15] А.И. Власенко “О моделях данных для медицинских информационных систем”, www.cyberleninka.ru/article/n/o-modelyah-dannyh-dlya-meditsinskih-informatsionnyh-sistem
- [16] www.swansea.ac.uk/medicine/courses/msc-health-data-science/
- [17] Data Science Solutions for Healthcare www.leidos.com/sites/default/files/Leidos%20WP%20-%20Data%20Science%20Solutions%20for%20Health%201.15.pdf
- [18] www.newsroom.gehealthcare.com/doctor-data-scientist-or-both/
- [19] Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. Analyst report, McKinsey Global Institute, May 2011. www.mckinsey.com/
- [20] www.ucdmc.ucdavis.edu/informatics/electives/index.html
- [21] www.davenport.edu/programs/health-professions/master-of-science/health-informatics-and-information-management-ms