

DOI: <http://www.doi.org/10.36719/2707-1146/22/82-86>

Gülnarə Eldəniz qızı Əhmədova

ADPU-nun nəzdində Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Kolleci
magistrant
g.ehmedova15@gmail.com

BİOİNFORMATIKANIN BIOLOGİYA ELMLƏRİNƏ DAXİL EDİLMƏSİ

Xülasə

Bioinformatika hesablama və biologiya elmlərinin birləşməsi kimi müəyyən edilə bilər. Proteomika və genomika tədqiqatları nəticəsində yaranan məlumatların daşqını emal etmək və təhlil etmək üçün aktualıq bioinformatikanın önəm və əhəmiyyət qazanmasına səbəb oldu. Bununla belə, onun multidissiplinar təbiəti həm biologiya, həm də hesablama sahəsində hazırlanmış mütəxəssisə unikal tələbat yaratmışdır. İcmalda bioinformatika sahəsini təşkil edən komponentlər və bioinformatika təhsili olan fərdlərin yetişdirilməsi üçün tələb olunan fərqli təhsil meyarları təsvir edilib.

Məqalə həm də Malayziyada bioinformatikaya giriş və onun haqqında ümumi məlumat verəcəkdir. Malayziyada mövcud bioinformatika ssenarisi onun inkişafını ölçmək və gələcək bioinformatika təhsili strategiyalarını planlaşdırmaq üçün araşdırıldı. Müqayisə üçün biz digər ölkələrin təhsildə istifadə etdiyi metod və strategiyaları araşdırdıq ki, bioinformatikanın tətbiqini daha da təkmilləşdirmək üçün dərslər alınsın. Hesab olunur ki, akademiya, sənayedən dəqiq və kifayət qədər idarəetmə gələcəkdə keyfiyyətli bioinformatiklər yetişdirməyə imkan verəcək.

Açar sözlər: *bioinformatika, hesablama biologiyası, təhsil, biologiya elmi, bioinformatikanın tədrisi*

Gulnara Eldeniz Ahmadova

Inclusion of bioinformatics in biological sciences

Abstract

Bioinformatics can be defined as the combination of computational and biological sciences. The urgency to process and analyze the flood of data resulting from proteomics and genomics research has led bioinformatics to gain prominence and importance. However, its multidisciplinary nature has created a unique need for a specialist trained in both biology and computing. In this review, we have described the components that make up the field of bioinformatics and the different educational criteria required to produce individuals with bioinformatics training.

This article will also provide an introduction and overview of bioinformatics in Malaysia. The current bioinformatics scenario in Malaysia was examined to gauge its development and plan future bioinformatics education strategies. For comparison, we examined the methods and strategies used in education by other countries, so that lessons can be learned to further improve the application of bioinformatics. It is believed that accurate and sufficient management from academia and industry will enable to produce quality bioinformaticians in the future.

Keywords: *bioinformatics, computational biology, education, biological science, teaching bioinformatics*

Giriş

Bu sənədin məqsədi biologiya elmləri təhsilinə bioinformatikanın daxil edilməsi üçün istifadə edilən metodları araşdırmaq və Malayziyada buna nail olmaq üçün istifadə edilə biləcək mümkün strategiyaları müzakirə etməkdir. Bioinformatika kompüter elmləri ilə molekulyar biologiya arasında yeni bir sahəni təmsil edir. Onun tərfi özlüyündə mübahisə mövzudur. Bu, genomik tədqiqatlardan əldə edilən bioloji məlumatların idarə edilməsi kimi məhdud baxışdan molekulyar biologiyada hesablama üsulu ilə tətbiq olunan hər şey kimi liberal baxışa qədər sayısız-hesabsız müəyyən edilmişdir. Bu, biologiya, riyaziyyat və kompüter elmlərini əhatə edən bioinformatikanın multidissiplinar təbiəti ilə bağlıdır. Milli Sağlamlıq İnstitutunun (NIH) tərifinə görə, bioinformatika “bioloji, tibbi, davranış və ya sağlamlıq məlumatlarının, o cümlədən əldə etmək, saxlamaq, təşkil etmək, təhlil etmək üçün istifadəni genişləndirmək üçün hesablama alətləri və yanaşmalarının tədqiqi, inkişafı və ya tətbiqidir. Bu sənədin məqsədi üçün bu tərif qəbul

edilmişdir. Məqsəd bioinformatika üzrə mütəxəssis bakalavr, aspirantura kursu keçirməklə və ya onu mövcud kurikulumlara daxil etməklə bioinformatikadan dərs deməyi planlaşdıran müəllimlərə mövcud strategiyaları təqdim etmək, bundan əlavə, bioinformatikanın uğurlu tədrisini təmin etmək üçün lazım olan mövcud ssenari, problemlər, tələblər və gələcək tendensiyaları müzakirə etməkdir.

1. Bioinformatika daxilində fənlər

Bioinformatikanın tədrisi zamanı hansı sahə tələb olunur? Biologiyanın sahələrinə molekulyar biologiya, genomika və proteomika daxildir. Diqqət mərkəzi dogma, genom daxilində kodlaşdırma, onun proteinə çevrilməsi və sonra zülal funksiyası ətrafında fırlanır. Şagirdlərdən genetik, gen ardıcılığı, gen ifadəsi, zülal strukturu, funksiya, qarşılıqlı təsirlər üzrə nəzəriyyə və prinsipləri bilmələri gözlənilir. Bioinformatika həmçinin bioloji məlumatı mənalı şəkildə emal etmək, idarə etmək və nümayiş etdirmək üçün alətlərin yaradılmasını əhatə edir. Bunun üçün səmərəli kompüter proqramları yazmaq bacarığı tələb olunur. Buna görə də, yəqin ki, bioloji problemlərin həllinə diqqət yetirməklə, kompüter elmləri kurikulumu bütövlükdə tələb olunur. Daxil edilməli olan digər sahələr statistika və hesablamalardır (Hemminger, Anne, 2005: 56).

2. Bioinformatika təhsilinin verilməsi

Sənayedə bioinformatikanın genişlənməsi və inkişafı nəticəsində yaranan tələb bir çox ölkələrdə bioinformatika kurslarının yaradılmasına təkan verdi. Böyük Britaniya, ABŞ, Avstraliya, İsrail, Fransa və Almaniya kimi ölkələri təmsil edən bioinformatika təhsili və tədqiqat təşəbbüsləri ilə bağlı çoxlu sorğular dərc edilmişdir. Universitet və kollec səviyyələrində kurikuluma dair müqayisəli tədqiqatlar göstərdi ki, təklif olunan fənlərin mürəkkəbliyi və ya təlim keçmiş müəllimlərin olmaması səbəbindən kompüter elmləri elementinə və fənlərarası tədrisə önəm verilir. Bundan əlavə, bioinformatikanın daxil edilməsi və ya bioinformatika kursunun yaradılması zamanı bir çox kritik məqamlar nəzərə alınmalıdır. Molekulyar Biologiya üçün İntellektual Sistemlər üzrə Beynəlxalq Konfransın (ISMB) illik peyk iclası kimi başlayan Bioinformatikada Təhsil üzrə Seminar (WEB) bioinformatika kurslarının forması və dizaynı, bu kursun tərkib hissələri və bioinformatika elementlərinin adı biologiya elmi fənlərinə inteqrasiyası. Ümumilikdə, bioinformatika təliminin vurğulanmasını 3 səviyyəyə bölmək olar: əvvəldən mövcud olan alətlərdən istifadəni öyrətmək, alqoritm dizaynı ilə əsas proqramlaşdırmanı öyrətmək və bioinformatikanın arxasında duran dərin nəzəri əsasları və prinsipləri öyrətmək. Alətlərdən istifadənin tədrisinə ardıcılıq təhlili, zülal strukturunun vizuallaşdırılması və modelləşdirmə daxildir, əsas proqramlaşdırmanın öyrədilməsi isə Perl və Java-dan istifadə edərək sadə skriptlərin yazılmasını əhatə edir. Dərin tədrisə genetik alqoritm, neyron şəbəkələr və Gizli Markov modelləri haqqında tədris daxildir (Littlejohn, 2004: 48).

3. Bakalavr kursu kimi bioinformatikanın tədrisi

Bioinformatika üzrə bakalavr kurikulumun ehtiyacı ilə bağlı narahatlıq 1998-ci ildə Altman tərəfindən qaldırılmışdır. Redaksiyada bioinformatika kurikulumu yaradarkən nəzərə alınmalı olan mövzuların icmalı və təlimatı da daxil edilmişdir. Baxmayaraq ki, materiallar ABŞ Magistrləri kursunun müddəti və üslubuna daha uyğun idi. Sonradan çox sayda məqalələr müxtəlif bioinformatika təhsili, kurikulumun məzmununu, onun çatdırılma metodunu müzakirə edərək təsvir etmişdir. Bioinformatikanın tədrisində ən böyük problem bioinformatika daxilində multidissiplinar sahələrin birləşməsindən yaranan biliklərin genişliyini yerinə yetirməyə çalışmaqdır. Bu müxtəlif sahələr bioloji molekullara aiddir və buna görə də biokimya, molekulyar hüceyrə biologiyası, genetik, termodinamika, biofizika və statistik mexanikanın əsaslarında bilik tələb edir. Şagirdlərdən kompüter elmləri, riyaziyyat və statistik prinsiplər üzrə biliklərindən əldə etdikləri analitik qabiliyyətləri genomik və proteomik tədqiqatlar nəticəsində əldə edilən məlumatların selini süzmək üçün tətbiq etmələri tələb olunur. Multidissiplinar təbiət təkcə elmlərin müəyyən edilmiş sahələrini üstələmir, həm də biliklərin inteqrasiyasını və tədqiqatçıların bir-birini əvəz edən üsullardan istifadə etdiyi üsulların çarpaz istifadəsini məcbur edir. Nəticə etibarilə, bioinformatikanın tədrisi bütün müxtəlif komponentlər: riyaziyyat, biologiya və informatika üzrə dərin biliyə malik mütəxəssis pedaqoq tələb edəcəkdir. Bu, olduqca çətin bir işdir, ona görə də mütəxəssis və təcrübə bioinformatika işçiləri olmayan əksər universitetlər fənlərarası və fakültələrarası tədrisə müraciət edirlər. Bu, məntiqli bir yoldur, çünki öz sahələrində mütəxəssislərdən istifadə etmək yalnız yaxşı tədris olunan kursu təmin etməyəcək, həm də lazımı genişliyi və dərinliyi öyrədəcək. Fakültələrarası tədris daha sonra “mülkiyyət” və kursun müəssisədə yerləşdirilməsi məsələsini qaldırır. Rəhbərlik biologiya, riyaziyyat və ya

kompyuter elmləri bölmələrində kursun hansı fakültə və ya şöbədə yerləşəcəyini, istifadə ediləcək imkanları müəyyənləşdirməlidir. Nəticə etibarilə bu, tədris və öyrənmə mədəniyyətində narahatlıq yaradacaq, çünki hər bir fənnin özünəməxsus mədəniyyəti olduğu aydındır. Digər problem bioinformatikanın tədrisinin dərinliyidir. Pevzner və Pearson lazımi dərinlik olmadan bioinformatikaya geniş girişin bioinformatika alimlərindən çox bioinformatika texnikləri hazırlayacağını şərh edərək dərinlik məsələsini qaldırdılar. Müəlliflər həmçinin bioinformatikanın effektiv tədrisi üçün alqoritm, statistika prinsiplərinin öyrədilməsinin və bioloji motivli problemə əsaslanan öyrənmənin yaradılmasının vacibliyini vurğulamışlar. Əksər bioloqlar BLAST kimi proqramlardan istifadə etməkdə rahatdırlar və bunun arxasında yatan prinsipləri belə başa düşmədən, sadəcə olaraq ya uyğunluq tapmaqla, ya da tapmamaqla kifayətlənirlər. Bioinformatikanın sadəcə hesablama alətləri kimi müalicəsi, alətlərin arxasındakı alqoritmin səhv başa düşülməsindən irəli gələrsə, səhv fərziyyələrə meyillidir. Bu, yemək kitabı üslubunda və protokol mərkəzli olan bioinformatika dərslisinin nəşrinin artması ilə daha da mürəkkəbləşir. Beləliklə, lazımi dərinliyə malik bir kursun hazırlanmaması tələbələri bioinformatika sahəsində karyera qurmaq üçün ciddi bacarıqlara malik olmayanlar yaradacaq. Kurikulumların lazımi dərinliyi əldə edilə bilər və bakalavr kursu müddətinə (3 və ya 4 il) mütənəsibdir. Buna əlaqəli olmayan bioloji mövzuları ayırmaqla və hüceyrə molekulyar biologiyasına, genetikaya və gen ifadəsi tədqiqatlarına diqqət yetirməklə nail olmaq olar (Burhans, 2004: 36).

Fərqli bioinformatika kursunun tədrisi arzuolunandır, çünki bu, proqramlaşdırma texnikaları və proqramlaşdırmanın “intizamı” haqqında düzgün başa düşmək imkanı verir. Bu “mədəniyyət” çox vacibdir, çünki bakalavrların bioinformatika proqramlarını dizayn etməsi və yaratması gözlənilir. Tələbələrə ayrı-ayrılıqda öyrədilmiş faktlardan daha çox, kontekstdə bioloji faktlar öyrədilir, məsələn, intronlar və onun avtomatlaşdırılmış gen annotasiyasına təsiri. Bu bacarıq həddən artıq geniş nəzəri çərçivənin öyrədilməsi ilə yanaşı, tələbələrdə tutarlı bir anlayış yaradar. Yaxşı tərtib edilmiş kurs mahiyyətə inteqrasiya olunub və əksər universitetlər tərəfindən qəbul edilib. Xarici universitetlərin kurikulum strukturları ABŞ-da 78, Avstraliyada 10, Böyük Britaniyada isə 25 ilə araşdırılıb. Kurikulumun tətbiqatlarını əldə etməkdə çətinliklər və fərqli adlandırılan modullar arasında məzmunun üst-üstə düşməsi ilə bağlı kəmiyyət təhlili aparılmadı. Bununla belə, bioinformatika kurikulumunda dəfələrlə rast gəlinən fənn sahələrinin siyahısı təlimat üçün Cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Tədqiq olunan kurikulumda tədris olunan fənn sahələrinin siyahısı

Biologiya	Digərləri
<ul style="list-style-type: none"> • Molekulyar Hüceyrə Biologiyası • Mərkəzi dogma anlayışı • Orqan və sistemlər səviyyəsi • Hüceyrə biokimyası • Mikrobiologiya • Genetika mühəndisliyi • Genomika və genetikaya • Zülalların quruluşu və funksiyası 	<ul style="list-style-type: none"> • Mikroarray məlumatlarının təhlili • Bioetika • Cari məsələlər və gələcək problemlər • Molekulyar modelləşdirmə • Proteomika
Kompüter elmləri	Bioinformatika
<ul style="list-style-type: none"> • Dinamik proqramlaşdırma • Məhdud axtarış alqoritmləri • Klaster təhlili • Təsnifat • Neyron şəbəkələri • Genetik alqoritmlər • Bayes nəticələri • Verilənlər bazası strukturları, konsepsiya, dizayn və mədən üsulları • Yüksək performanslı hesablama • Böyük miqyaslı proqramlaşdırma 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioinformatikaya giriş • Profillər və motivlər • Cüt ardıcılıqla düzülmə və çoxlu ardıcıl düzülmə • Gizli Markov Modelləri (tikinti, düzülmədə istifadə, proqnozlaşdırma) • Ardıcılıqlardan zülal strukturunun və funksiyasının proqnozlaşdırılması • Fraqment və xəritələrin yığılması, ardıcılığa kombinator yanaşmalar • Ardıcılıqları vizuallaşdırmaq üçün alətlər • Zülalların vizuallaşdırılması üçün alətlər

<ul style="list-style-type: none"> • Müştəri-server arxitekturası və HTTP • CGI, Perl, Java və PHP • Shell scripting ilə tapşırıqların avtomatlaşdırılması 	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur vizuallaşdırma • Filogenetik ağaclar • RNT İkinci dərəcəli strukturun proqnozlaşdırılması • Ardıcılıq xüsusiyyətlərinin çıxarılması/annotasiyası • Zülal homolojiyasının modelləşdirilməsi • Zülalların yivlənməsi • Zülalların molekulyar dinamikası
Riyaziyyat	
<ul style="list-style-type: none"> • Hesablama • Statistika 	

4. Lisansüstü kursun tədrisi

Magistratura kurslarının keçirilməsi nisbətən asandır, çünki tələbələr artıq bakalavr təhsillərində elm və riyaziyyatın əsaslarını öyrənmiş olurlar. Lakin çətinlik bu çox müxtəlif fondan irəli gəlir. Təlim əsasən biologiya və ya kompüter elmləri üzrə tək bir fənn üzrə keçirildiyi üçün bioinformatikaya daxil olan tələbələr əlil olacaqlar. Bioinformatika üzrə məzunlar bu bilik çatışmazlığını kompensasiya etmək üçün intensiv müalicə dərsləri keçirməli olacaqlar. Kompüter elmləri tələbələri, biokimyə, molekulyar biologiya və genetik dərsləri, biologiyaya əsaslanan tələbələr isə magistratura təhsilinin çox hissəsini giriş kompüter proqramlaşdırması, verilənlər bazası və süni intellekti əhatə edən kurs işlərinə sərf edəcəklər. Fakültə müxtəlif mənşəli bu tələbələrdəki bacarıq boşluqlarını dolduraraq və sənayenin ehtiyaclarına uyğun olduğundan əmin olmaqla, uyğun bioinformatika kurikulumu hazırlamağı bacarmalıdır. Bundan əlavə, MSc təhsili ilə bağlı 2-3 illik vaxt məhdudiyəti var ki, bu nisbətən qısa müddətin optimallaşdırılmasında müəllim heyətini yaradıcı olmağa məcbur edir. Bununla belə, vaxt məhdudiyəti daha şəxsi səviyyədə məşq etməyə imkan verən magistr kurslarının daha kiçik xarakteri ilə kompensasiya edilir. Ədəbiyyatda fəal təlimdə iştirak edən kiçik qruplardan istifadə edən bir çox tədris metodlarına rast gəlinir. Miçiqaq Universitetində magistratura sinifləri hipotetik siqnal yolunu aydınlaşdırmaq üçün mikroarray məlumatları, iki hibrid məlumat, homolojiya-axtarış nəticələri kimi müxtəlif bioinformatika alətlərindən əldə edilən nümunə məlumat dəstini şərh etmək üçün kooperativ öyrənmədən istifadə edir. Bu məlumat dəstlərinin inteqrasiyası ilə tam yolun yenidən qurulması sistem biologiyası sahəsinə uğurlu və effektiv girişi təmin edir və məşqin bioinformatika elementlərini gücləndirir.

Nəticə

İnsan resursları bioinformatikanın inkişafında darboğaz olduğunu sübut etdi. Hətta Asiyanın Yaponiya kimi inkişaf etmiş ölkələri də tələbat partlayışı ilə yastı ayaqla tutuldu. Kifayət qədər təlim bioinformatik kadrların sabitliyini yaradaraq idxal olunan proqram təminatından asılılığı azaldacaq. Bioinformatika yeni yaranan sahə olduğundan, onun təhsilə sürətlə təbiiqini təmin etmək üçün hər bir fənnin iştirakı vacibdir. Bioinformatikanın multidissiplinar aspekti bəla olmamalı, qəbul edilməli və kapitallaşdırılmalıdır. Ədəbiyyatın araşdırılması və digər universitetlərdə təbiiqlərin araşdırılması göstərir ki, Malayziyada bioinformatika təhsili ənənəvi fənlərlə inteqrasiya olunmuş şəkildə ən yaxşı şəkildə tədris olunur. Bu üsul bir sıra üstünlüklərə malikdir:

✓ Birincisi, ilk növbədə, işə cəlb etmək çətin olan bioinformatik mütəxəssislərə müraciət etmədən həyata keçirmək çox asandır. Çox güman ki, mövcud işçilər bioinformatikaya məruz qalırlar və karyeralarını bioinformatikaya yönləndirmək üçün əlavə təlim və ya hətta yenidən hazırlıq yeni bioinformatikləri bitirmək üçün mövcud bioinformatika kurslarını gözləməkdən daha sürətlidir.

✓ İkincisi, inteqrasiya bütün kurikulumda məruz qalmağı və maarifləndirməni sürətləndirəcək və tələbələri müasir elmi inkişafa uyğunlaşdıracaq. Bioloq alətlər və əsas proqramlaşdırma ilə öyrədiləcək, kompüter alimləri və riyaziyyatçılar isə onların təcrübələrini tələb edən bioloji problemlərə məruz qala bilərlər. Bu, həm də onları gələcək bioinformatika üzrə magistr kurslarına hazırlayacaqdır.

✓ Üçüncüsü, Bioinformatika elementinin inteqrasiyası onların dərəcəsi ilə bağlı bacarıqları azaltmaq əvəzinə, onların təliminin dəyərini artıracaq. Malayziya hələ də “alətlərdən” istifadə mərhələsindədir və akademiya yeni məzunların böyük axınına udmaq üçün lazımi bioinformatika sənayesinə malik

deyil. Tələbələr daha çox məşğulluq şansını təmin etmək üçün ənənəvi biologiya elmləri dərəcələri ilə əlaqəli laboratoriya təhsili alacaqlar. Əgər institutlar bioinformatika kursu yaratmaq qərarına gəlsələr, bioinformatikanın multidissiplinar təbiəti ilə mübarizə aparmalıdırlar. Kurslar tələbələrin əsas bacarıqlarla məzun olmalarını, biologiya və kompüter elmləri arasında cəhənnəmdə tutulmamasını təmin etmək üçün lazımı dərinliyi olan bütün fənləri əhatə etməlidir. Proqramlaşdırma və hesablama təcrübəsinə diqqət yetirilməlidir, çünki bioinformatikada karyeranın əsas bacarıqları proqramların yazılması ilə bağlıdır, biologiyada isə molekulyar biologiya, proteomika və sistem biologiyasına diqqət yetirilməlidir. Ən asan yol, mövcud kompüter elmləri kursundan istifadə etmək və bioinformatika daxilində bioloji anlayışları öyrətməklə onu uyğunlaşdırmaq olardı. Malayziyanın biotibbi, biotexnologiya və kənd təsərrüfatı sektorlarında müasir qalması üçün bioinformatika lazımdır. Biz ilkin dalğanı əldən vermiş ola bilərdik, lakin bioinformatika sahəsi yetişməkdə olduğu üçün inkişaf etmiş ölkələrin buraxdığı səhvlərdən qaçaraq öz bazarımızı inkişaf etdirə bilərik. Gələcək potensial Malayziyanın zəngin biomüxtəlifliyində ola bilər. Bioinformatika ilə birlikdə yerli növlərin məlumat bazasını idarə etməklə və potensial yeni dərman kəşfi üçün ona toxunmaqla kapitallaşdırıla bilər.

Ədəbiyyat

1. Brass, A. (2000), Bioinformatics Education-A UK perspective. *Bioinformatics* 16, p.77-78.
2. Burhans, D.T & Skuse, G.R. (2004), The role of computer science in undergraduate bioinformatics education. *SIGCSE Bulletin*, 36, p.417-421.
3. Cattley, S. (2004), A review of bioinformatics degrees in Australia. *Briefings in Bioinformatics* 5, p.350-354.
4. Counsell, D. (2003), A review of bioinformatics education in the UK. *Briefings in Bioinformatics* 4, p.7-21.
5. Danchin, A. (2000), A brief history of genome research and bioinformatics in France. *Bioinformatics* 16, p.65-75.
6. Hack, C. & Kendall, G. (2005), Bioinformatics: Current Practice and Future Challenges for Life Science Education. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 33, p.82-85.
7. Hemminger, B.M & Anne Bauers, T.L. (2005), Survey of bioinformatics programs in the United States. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 56, p.529-537.
8. Littlejohn, T. (2000), Bioinformatics in Australia. *Bioinformatics* 16, p.849-850.
9. Morrow, C. & Wilkins, D. (2004), In *Proceedings of the 2nd annual conference on Mid-south college computing*, p.192-199. Little Rock, Arkansas.
10. Ranganathan, S. (2005), Bioinformatics Education Perspectives and Challenges. *PloS Computational Biology* 1, p.52.
11. Samish, I. (2003), Bioinformatics Education Programs in Israel: Academic, Private and Unique Professional-retraining Programs. *Workshop on Education in Bioinformatics (WEB)*.
12. Schomburg, D. & Vingron, M. (2002), Bioinformatics research and education in Germany. In *Silico Biology* 2.
13. Zatz, M.M. (2002), Bioinformatics training in the USA. *Briefings in Bioinformatics* 3, p.353-360.
14. Zauhar, R.J. (2001), University bioinformatics programs on the rise. *Nature Biotechnology* 19, p.285-286.

Rəyçi: r.e.d., dos. Yeganə Əşrəfova

Göndərib: 09.03.2022

Qəbul edilib: 10.07.2022