

İQTİSADİYYAT VƏ İDARƏETMƏ

UOT 51-7

Vilayət İsmayilov
Azərbaycan Əmək və Sosial
Münasibətlər Akademiyası,
i.e.d.
ismaylov1953@mail.ru

Mənsim Məmmədov
Bakı Avrasiya Universiteti,
professor, fiz.-r.ü.f.d.
mensim.56@mail.ru

İQTİSADİ-RİYAZİ METODLARIN TƏTBİQİLƏ EPİDEMİK PROSESLƏRİN ÇOXALMASINA QARŞI FƏRQLİ YANAŞMA

Məqalədə epidemik proseslərin çoxalmasının qarşısının alınması məqsədilə iqtisadi-riyazi metodları tətbiq etməklə fərqli yanaşmaya baxılır. Həmçinin, COVID-19 yaratdığı pandemiyanın səhiyyə sistemləri və digər dövlət xidmətləri üçün geniş təsiri araşdırılır. Epidemiya prosesində əhali (populyasiyanın) sayının dəyişmə dinamikası xarakterli bioloji məsələlər tədqiq edilməklə riyazi metodların köməyi ilə bu tip proseslərin çoxalma sürəti və onun qarşısının alınması məsələlərinin həlli məqalədə öz əksini tapmışdır.

Məqsəd: pandemiya şəraitində xəstəliyin yayılma sürətinin müəyyənəşdirilməsi və bu məqsədlə müvafiq təkliflərin verilməsidir.

Metodologiya: epidemiya prosesində infeksiyanın yayılma sürətinin azalma tempinin əldə edilməsini şərtləndirən iqtisadi-riyazi metodlardan istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın nəticələri və praktiki əhəmiyyəti: pandemiya şəraitində əhalinin bir-biri ilə təması zamanı xəstələnmənin yayılma sürətindən asılı olaraq xəstə sayının müəyyən edilməsi və onun müvafiq tədbirlər vasitəsilə azaldılmasının vacibliyidir.

Elmi yenilik: epidemiya prosesində infeksiyanın yayılma sürətini müəyyən edən diferensial tənliklərin tətbiqi əsasında xəstə sayının artma sürəti müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: epidemiya, proses, infeksiyanın yayılma sürəti, diferensial tənlik, xəstə sayı

Giriş

Dünya miqyasında hər il Ümumdünya QİÇS-lə mübarizə günü qeyd edilir. Lakin 2019-cu ilin noyabr ayından bu günə kimi davam edən COVID-19 infeksiyon xəstəliyi dünyada çox sürətlə yayılmağa başladı və demək olar ki, qısa müddət ərzində bütün ölkələri caynağına aldı və hər bir ölkədə əhalinin bu virusa yoluxanların kifayət qədər hissəsi onun qurbanı oldu və dünyasını dəyişdi. Bu baxımdan da, hər il qeyd edilən Ümumdünya QİÇS günü ölkələrinin səhiyyə təşkilatında və əhalidə tamamilə fərqli hisslər doğurdu. COVID-

19 virusunun yaratdığı pandemiya bizim cəmiyyətdə dərin kök salmış bərabərsizliyi bütün dünyaya bir daha kəskin formada yayılmaqla onu dərinləşdirdi [5, s.3-5].

Bir çox illər biz hüquqlara əsaslanan və insanlara yönəldilmiş ümumi səhiyyə üçün kifayət qədər vəsait sərf edə bilməmişik və indi dünya tamamilə qorunmamış vəziyyətə düşmüşdür. COVID-19 yaratdığı pandemiyanın səhiyyə sistemləri və digər dövlət xidmətləri üçün geniş təsiri vardır. Bir çox ölkələrdə VİÇ ilə bağlı xidmətlərin göstərilməsi pozuldu və lazımı malların çatdırılma zəncirləri uzandı. Dünyada VİÇ diaqnozlarının sayı azaldı və hal-hazırda həmin virusa tutulmuş daha az insan ona qarşı müalicəyə başlayır. Qeyd edək ki, bəşəriyyətin mövcud olduğu zaman ərzində müxtəlif dövrlərdə müxtəlif epidemik xəstəliklər baş vermiş və bu epidemiyalar kütləvi hal almaqla demək olar ki, bütün dünyanı əhatə edərək pandemiya halını almışdır. Təbii ki, müxtəlif dövrlərdə mövcud olmuş epidemiyaların yayılmasının qarşısının alınması, onun yayılma (çoxalma) prosesinin azaldılması tibb elminin qarşısında kifayət qədər mürəkkəb problemlər yaratmaqla həm bu elm sahəsinin özünün daha sürətlə inkişafına, həmçinin onun digər elm sahələri ilə əlaqəsinin daha sıx inkişafına, təkamülünə xeyli təsir göstərmişdir. Dünya ictimaiyyətinin COVID-19 infeksiya xəstəliyinin yaratdığı pandemiya qarşı mübarizə ümumi səylər üzrə əsas diqqətin insanların maraqlarına yönəldilməsinə verir, bu isə VİÇ-ə qarşı tədbirlərin sürətləndirilməsinə imkan yaradır [5, s.5-8].

Mövcud ədəbiyyatlara istinad

Burada tibb elminin mövcud və yeni hazırlanması zəruri olan dərman preparatlarının tətbiqi ilə yanaşı bir çox tibbi-profilaktik tədbirlərin də həyata keçirilməsinə, müntəzəm olaraq bu tədbirlərə əməl olunmasına çox böyük ehtiyac vardır. Məsələn: Hal – hazırki dövrdə bütün dünyanı əhatə etmiş COVID-19 virusundan yaranmış pandemiyanın yayılma sürətinin azaldılması və onun qarşısının alınması cari vaksinasiya prosesinin daha sürətlə aparılması ilə yanaşı insanların qida rasionunun düzgün təşkili, onların konkret gigiyenik qaydalara əməl etməsi, bir-biri ilə daha az təmasda olmaqla aralarında müəyyən məsafə saxlaması, daha çox açıq havada olması və s. bu kimi təbii tibbi-profilaktik qaydalara əməl etmələri Dünya Səhiyyə Təşkilatı tərəfindən vacib məsələ kimi qarşıya qoyulmuş və bu məsələnin tədqiq edilərək müvafiq vəziyyətdən çıxış yollarının araşdırılmasını tələb edir [5, s. 1-2].

Odur ki, tədqiqat işində pandemiyanın mövcud vəziyyəti təhlil edilmişdir. Bu məsələlərlə bağlı məşğul olan ekspertlər və həkimlərin müəyyənləşdirdiyinə görə hazırda tətbiq edilən hansı tədbirlər effektivdir və bundan sonra da istifadə oluna bilər, hansı tədbirlər səmərəsizdir və dəyişdirilməlidir, həmçinin hazırkı strategiyada hansı əsas boşluqları aradan qaldırmaq lazımdır. [5, s. 8] qeyd edir ki, epidemioloji modelləşdirmə üzrə ekspertlər qrupu bu məsələ müxtəlif yanaşmaların və xidmətlərin birləşdirilərək təsirinin proqnozlaşdırılması ən vacib problemdir.

Qeyd edək ki, bu tip epidemik proseslərlə mübarizə tibb elmi ilə yanaşı digər elm sahələrinin də qarşısında müəyyən problemlər yaşatmaqla, onların həlli üçün müxtəlif üsulların meydana gəlməsini zəruri etmişdir [4, s. 298]. Bu baxımdan da, bizim tədqiqat işi riyaziyyat elminin texniki, təbiətşünaslıq, iqtisadi, sosial, bioloji, tibb və s. elm sahələrinin praktiki xarakterli müxtəlif məsələlərinin həlli və tədqiqində böyük rol oynayan diferensial tənliklər nəzəriyyəsinin epidemiyanın yayılması və onun artma sürətinin azaldılmasında mühüm rolə malik riyazi aparatının olması və bu nəzəriyyənin əsas elementlərinin köməyi ilə mövcud bioloji (tibbi) xarakterli epidemik proseslərin konkret riyazi modelinin qurulmasına və onların həlli yollarının fərqli yanaşma ilə araşdırılaraq müəyyən əlverişli nəticələrin əldə edilməsini əhatə edir.

Məlumdur ki, epidemiya prosesində əhali (populyasiyanın) sayının dəyişmə dinamikası, başqa sözlə populyasiyada canlı fərdlərin ümumi sayının dəyişmə xarakterinin təyin olunması populyasiya ekologiyasının ən mühüm məsələlərindən biri, bəlkə də birincisidir. Qeyd edək ki, belə xarakterli bioloji məsələlər daha ümumi şəkildə hələ ötən əsrin ortalarında ingilis alimi H.Beyli [2, s.342] tərəfindən araşdırılmış və diferensial tənliklərin köməyi ilə bu tip proseslərin riyazi modeli qurulmuşdur.

Material və metod

Biz tədqiqat işində epidemiyanın yayılması və onun qarşısının alınmasının daha sadə və konkret halına baxmaqla onun yayılma sürətinin qarşısının alınması üçün konkret hesablama əsasında təklif vermişik.

Fərz edək ki, öyrənilən mövcud epidemik xəstəlik prosesi kifayət qədər uzunmüddətli xarakterə malikdir, yəni infeksiyanın yayılma (bir fərddən digərinə keçmə) sürəti xəstəliyin özünün yayılmasından daha sürətlidir [3, s.315]. Belə halda təbii ki, infeksiyanın yayılma prosesinin öyrənilməsi daha vacib olduğundan biz də, burada məhz bu prosesin riyazi modelinin qurulması və onun tədqiqi ilə məşğul olacağıq. Ona görə də, mövcud epidemiya prosesində infeksiyaya yoluxmuş fərdlərin ümumi qrupdan təcrid olunmadığını və onların bu infeksiyanı təmas zamanı sağlam fərdlərə ötürdüklerini qəbul edirik.

Bu şərtlər daxilində epidemiya prosesinin yayılma sürətinin azaldılmasının riyazi qanunauyğunluğunu müəyyən edək.

Fərz edək ki, epidemiya prosesinin başlanğıc anında mövcud xəstəliyə yoluxanların (xəstə fərdlərin) sayı a , xəstəliyə yoluxmayanların (sağlam fərdlərin) sayı b , müəyyən t zaman anında isə xəstəliyə yoluxanların sayı $x = x(t)$, yoluxmayanların sayı $y = y(t)$ – dir.

Onda kifayət qədər böyük olmayan kiçik $0 \leq t \leq T$ zaman aralığında

$$x + y = a + b, \quad (1)$$

olar.

Aydındır ki, burada $[0;T]$ aralığı konkret bir nəslin yaşamaq (təbii həyat) müddətindən kiçik olmalıdır. Bu halda biz araşdırılan riyazi tənliklərdə fərdlərin (insanların) təbii ölüm hallarını nəzərə almayacağıq.

Nəzəri mülahizələr

Epidemiya prosesində fərdlərin bir–biri ilə təmas zamanı infeksiya xəstə fərdlərdən sağlam fərdlərə ötürüldüyündən (keçdiyindən) təbii ki, müəyyən zaman müddətində sağlam fərdlərin sayı onların xəstə fərdlərlə görüşmə saylarına mütənasib olaraq azalacaqdır ki, bu mütənasiblik xy hasilinə uyğun olacaqdır.

Bu dediklərimizi ümumiləşdirməklə alırıq ki, sağlam fərdlərin azalma sürəti, yəni mövcud epidemiya prosesində infeksiyanın yayılma sürətinin azalma tempi

$$\frac{dx}{dt} = -\gamma xy, \quad (2)$$

adi birtərtibli diferensial tənliyi ilə ifadə olunur. Burada γ mütənasiblik əmsalı olmaqla, sağlam (infeksiyaya yoluxmamış) və xəstə (infeksiyaya yoluxmuş) fərdlərin sayının baxılan zaman anında uyğun mütənasiblik əmsallarının fərqi.

(1) ifadəsindən $y = a + b - x$ olduğunu (2) – də nəzərə alsaq, yazı bilərik:

$$\frac{dx}{dt} = -\gamma x(a + b - x). \quad (3)$$

Bu tənliyin hər iki tərəfini $x(a + b - x)$ ifadəsinə bölməklə

$$\frac{dx}{x(a+b-x)} = -\gamma dt, \quad (4)$$

dəyişənlərin ayrılan diferensial tənliyini alırıq.

Dəyişənlərinə ayrılan diferensial tənliklərin məlum həll üsuluna əsasən sonuncu (4) tənliyinin hər iki tərəfini integrallayırıq. (4) tənliyinin integrallanmış formulası aşağıdakı kimidir:

$$\int \frac{dx}{x(a+b-x)} = -\int \gamma dt + \ln c, \quad c = \text{const.}$$

Sonuncu ifadədən yazmaq olar ki:

$$\frac{1}{a+b} \int \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{a+b-x} \right) dx = -\gamma t + \ln c,$$

və ya

$$\frac{1}{a+b} [\ln|x| - \ln|a+b-x|] = -\gamma t + \ln c.$$

Buradan da:

$$\ln \left| \frac{x}{a+b-x} \right| = -(a+b)\gamma t + (a+b)\ln c,$$

və ya

$$\ln \left| \frac{x}{a+b-x} \right| - \ln c_1 = -(a+b)\gamma t$$

burada: $\ln c_1 = (a+b)\ln c = \text{const}$ qəbul olunmuşdur.

Bu bərabərliyi potensiallamaqla

$$\frac{x}{a+b-x} = c_1 e^{-(a+b)\gamma t}, \quad (5)$$

olduğunu alırıq.

c_1 sabitini təyin etmək üçün $t = 0$ anında sağlam fərdlərin sayının $x = a$ olduğunu qəbul edirik. Bu halda baxılan məsələnin $t = 0$, $x = a$ başlanğıc şərtlərini ödəyən xüsusi həllini, yəni verilmiş başlanğıc şərtlərə uyğun mövcud epidemiya prosesinin yayılma tempinin azalmasını xarakterizə edən korrekt məsələnin -Koşi məsələsinin həllini tapırıq.

Doğrudan da, (5) ifadəsində $t = 0$, $x = a$ yazsaq $c_1 = \frac{a}{b}$ alırıq.

Onda (5) bərabərliyi

$$\frac{x}{a+b-x} = \frac{a}{b} e^{-(a+b)\gamma t}, \quad (6)$$

şəklində olar.

(6) tənliyini x dəyişəninə nəzərən həll etməklə (7) formulası əldə edilir:

$$x = \frac{a(a+b)}{a+be^{(a+b)\gamma t}} \quad (7)$$

alınır ki, bu da mövcud epidemiya prosesinin dinamik dəyişməsinin riyazi qanunauyğunluğunu ifadə edir.

Beləliklə alırıq ki, qoyulmuş başlanğıc şərtlər daxilində öyrənilən bioloji xarakterli epidemiya prosesində mövcud infeksiyanın t zaman anına uyğun yayılmasının azalma sürəti (7) qanunu ilə təyin olunur.

Müzakirə

Qeyd edək ki, (7) ifadəsi ilə müəyyən olunan riyazi qanunauyğunluq bir çox tibbi (bioloji) xarakterli epidemiya proseslərində infeksiyanın yayılmasının azalma sürətinin dinamik eksponensial dəyişmə qanunu da adlandırılır.

Epidemiyanın yayılma (çoxalma) sürəti haqqında aşağıdakı konkret məsələyə baxaq.

Fərz edək ki, bakteriyaların çoxalma sürəti onların sayı ilə mütənəsibdir. Başlanğıc $t=0$ zaman anında mövcud 100 ədəd bakteriya $t=3$ saat 2 dəfə artmışdır. Bakteriyaların yayılma (çoxalma) sayının zamandan asılılığını təyin edək. Bu qanunauyğunluğa uyğun olaraq $t=9$ saat ərzində bakteriyaların sayının neçə dəfə artdığını müəyyənləşdirək.

Məsələnin həlli üçün fərz edək ki, verilmiş anda bakteriyaların sayı $x=x(t)$ -yə bərabərdir. Onda məsələnin şərtlərinə əsasən uyğun riyazi model aşağıdakı diferensial tənlik şəklində olar:

$$\frac{dx}{dt} = kx,$$

Burada: k - mütənəsiblik əmsalı olmaqla konkret olaraq verilmiş şərtlərə uyğun təyin edilir.

Bu tənlik asanlıqla dəyişənlərinə ayrıla bilən

$$\frac{dx}{x} = k \cdot dt,$$

diferensial tənlik şəklinə gətirilməklə həll edilir:

$$\int \frac{dx}{x} = k \int dt + \ln c \text{ və ya } \ln x - \ln c = kt.$$

Buradan isə $x = x(t) = ce^{kt}$ alınır. c sabitini təyin etmək üçün $t=0$ zaman anında $x=100$ başlanğıc şərtindən istifadə edirik:

$$100 = ce^{0 \cdot k} \text{ və ya } c = 100,$$

c -nin bu qiymətini nəzərə almaqla

$$x = x(t) = 100e^{kt}$$

olduğu alınır.

Bütün bunlara uyğun olaraq k mütənəsiblik əmsalını təyin etmək üçün $t=3$ saat zaman anında $x=200$ əlavə şərtlərindən istifadə olunur. Bu halda yazı bilərik:

$$200 = 100e^{3k} \text{ və ya } e^{3k} = 2.$$

Buradan isə $e^k = 2^{1/3}$ olduğu alınır.

Beləliklə, t zaman anında bakteriyaların yayılma (çoxalma) sürəti üçün aşağıdakı funksional münasibəti (funksiyanı) təyin etmiş oluruq:

$$x = x(t) = 100 e^{t/3}.$$

Burada $t=9$ saat olduğunu nəzərə alsaq $x=800$ alırıq. Deməli, verilmiş məsələnin şərtlərinə əsasən $t=9$ saat zaman ərzində bakteriyaların çoxalma (yayılma) sayı 8 dəfə artmış olur.

Beləliklə, pandemiya şəraitində xəstəliyin yayılmasının qarşısını almaq məqsədi ilə həm xüsusi müalicə preparatlarından istifadə etmək (vaksinasiya prosesi), həm də dünya səhiyyə təşkilatının və müvafiq ölkələrin Nazirlər Kabineti və bu durumu təhlil edən digər təşkilatların tövsiyə xarakterli tədbirlərinə riayət edilməsi vacib şərtlərdəndir.

Nəticə

COVID-19 virusunun yaratdığı pandemiya bizim cəmiyyətdə dərin kök salmış bərabərsizliyi bütün dünyaya bir daha kəskin formada yayılmaqla onu dərinləşdirmişdir. Epidemiya prosesində fərdlərin bir-biri ilə təmasında müəyyən zaman müddətində sağlam fərdlərin sayı onların xəstə fərdlərlə görüşmə saylarına mütənəsb olaraq azalır və bu mütənəsblik xy hasilinə uyğun olaraq hesablanı bilər.

Pandemiya şəraitində xəstələnmə şərtlərinə əsasən t zamanı (3-9 saat) ərzində bakteriyaların çoxalma (yayılma) sayı 2-8 dəfə artmış olur. Beləliklə, epidemioloji prosesin sürətlə yayılmasının qarşısını almaq üçün həm xüsusi müalicə preparatlarından istifadə etmək (vaksinasiya prosesi), həm də Dünya Səhiyyə Təşkilatının, müvafiq ölkələrin Nazirlər Kabineti və bu durumu təhlil edən digər təşkilatların tövsiyə xarakterli tədbirlərinə riayət etmək bu prosesin yayılma sürətinə əngəl ola bilər.

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Əhmədov, Q.T., Həsənov, K.Q., Yaqubov, M.H. Adi diferensial tənliklər. -Bakı. -2015, -s.241
2. Бейли, Н. Математика в биологии и медицине. Пер. с англ.- Москва,-1970, -с.342
3. Кудрявцев, В.А., Демидович, Б.П. Краткий курс высшей математики. -Москва, -1975, с.315
4. Госсман, С, Теорнер, Дж. Математика для биологов. -Москва, -1983, с.298
5. Преодоление пандемий ставя интересы людей в центр внимания. Доклад ко всемирному дню борьбы со спидом. ЮНЭЙДС. -2020, -с.92

**Вилаят Исмаилов
Мансим Мамедов**

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ РАЗМНОЖЕНИЮ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Резюме

В статье рассматривается иной подход с применением экономико-математических методов для предотвращения размножения эпидемических процессов. Кроме того, изучается широкий спектр последствий пандемии, вызванной COVID-19, для систем здравоохранения и других государственных служб. Изучая биологические вопросы динамики изменения численности населения (популяций) в эпидемическом процессе, с помощью математических методов нашли свое отражение в статье скорость размножения данного вида процессов и решение вопросов его профилактики.

Цель исследования - определить скорость распространения заболевания в условиях пандемии и внести соответствующие предложения для этой цели.

Методология - в эпидемическом процессе использованы экономико-математические методы, обуславливающие достижение темпы снижения скорости при распространении инфекции.

Результаты и практическая значимость исследования: в условиях пандемии важно определить число больных в зависимости от скорости распространения заболевания при контакте населения друг с другом и снизить его с помощью соответствующих мер.

Научная новизна: на основе применения дифференциальных уравнений, определяющих скорость распространения инфекции в эпидемическом процессе, определена скорость увеличения числа больных.

Ключевые слова: эпидемия, процесс, скорость распространения инфекции, дифференциальное уравнение, число больных

Vilayat İsmayilov
Mansim Mammadov

A DIFFERENTIATED APPROACH TO COUNTERING THE PROLIFERATION OF EPIDEMIC PROCESSES USING ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS

Summary

The article considers a different approach with the use of economic and mathematical methods to prevent the reproduction of epidemic processes. In addition, a wide range of consequences of the COVID-19 pandemic for health systems and other public services is being studied. Studying the biological issues of the dynamics of changes in the population (populations) in the epidemic process, using mathematical methods, the speed of reproduction of this type of processes and the solution of issues of its prevention are reflected in the article.

Purpose of the research: to determine the rate of spread of the disease in a pandemic and to make appropriate proposals for this purpose.

Methodology - in the epidemic process, economic and mathematical methods were used, which determine the achievement of the rate of speed reduction during the spread of infection.

Findings and practical significance of the study- in a pandemic, it is important to determine the number of patients depending on the rate of spread of the disease when the population contacts each other and reduce it with appropriate measures.

Scientific novelty- based on the application of differential equations that determine the rate of infection spread in the epidemic process, the rate of increase in the number of patients is determined.

Keywords: epidemic, process, rate of infection spread, differential equation, number of patients