УДК: 519.622.2

**Д.б.н, доцент Соловйов С.О.,   
студент ФПМ групи КМ-71мп Алістратенко М.О.**

**Національний технічний університету України   
«Київський політехнічний інститут»**

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕГІОНАЛЬНОГО   
РОЗПОДІЛУ ВАКЦИН**

**Abstract**

**Sergei A. Soloviev. docent, Mykyta A. Alistratenko, graduating student Mathematical model of regional distribution of vaccines**

Using data of clinical and laboratory observations of the epidemic process of flu infection under 2 years in Ukraine it has been developed the system of differential equations describing the regional vaccines distribution. The model was adequate to the real observational data for infection. The model could be used to improve current model of regional vaccines distribution.

Keywords: flu infection, epidemic process, differential equations.

**Вступ**

Вакцинацію почали використовувати для боротьби з руйнівними наслідками пандемій грипу з середини 20-го століття. І сьогодні вакцинація проти грипу є високоефективним заходом забезпечення імунітету населення під час сезонного підйому захворюваності [1]. Проте через затримку у створенні, виробництві та забезпеченні вакцинами необхідний глибокий аналіз розподілу наявних вакцин, як тільки вони стануть доступними. В Зазвичай виготовлення вакцини займає до шести місяців, з моменту виявлення нового вірусу грипу, і лише після цього можливим стає забезпечення вакцинами населення [2]. Як результат, вакцини проти сезонного штаму можуть стати доступними тільки тоді, коли захворюваність населення досягає максимуму або навіть після того, як хвиля захворюваності почне вщухати. Обмежені запаси вакцин повинні бути розподілені вірно, щоб забезпечити їх використання з максимальним ефектом. З огляду на небажання багатьох людей вакцинуватися проти грипу, теоретичні дослідження показують, що відсоток осіб, які потребують вакцинації для забезпечення адекватного захисту всього населення, варіюється від 30% до 50%.

**Опис існуючої моделі**

Графічно модель процесу розповсюдження грипу без вакцинації описується двома станами: стан здорової людини и стан хворої. Перехід між станами описується двома швидкостями – направлені стрілки на діаграмі 1.

**S**

sadasdas

**I**

Діаграма 1. Математична модель розповсюдження грипу без вакцинації.

S – кількість здорових людей,  
I – кількість хворих людей,  
 – деякий параметр, який вираховується з наявних даних по регіону  
N – загальна кількість людей в регіоні,  
 – швидкість, з якою люди зі стану I переходять в стан S; так як модель розглядається з проміжком часу в місяць, цей параметр буде дорівнювати 1 – за 1 місяць всі люди переходять зі стану I в стан S.

Для математичного опису динамічних систем використовують диференційні рівняння. Для змінної S математичне представлення системи буде мати вигляд:

Та ж сама система, але для змінної I матиме вигляд:

На практиці, використання диференційних рівнянь є складною роботою, тому перейдемо від цього представлення, до дискретного представлення системи.

Для моделювання епідемічного процесу грипу на основі існуючих даних, потрібно виразити параметр .

Даний параметр надає змогу генерувати кількість хворих на наступний момент часу на основі даних попереднього кроку. Отриманий параметр оснований на існуючих даних потрібно урівноважити, для наступного використання у генерації кількості хворих та здорових осіб.

**Прогностичний алгоритм з перемиканням**

Для реалізації прогностичного алгоритму з перемиканнямв день потрібно зробити деякі припущення щодо інформації, доступної для осіб, що приймають рішення, в кожній точці прийняття рішення. Припустимо, що наступні речі відомі або оцінюються за кожен день :

Враховуючи цю інформацію, приймається рішення на день та оцінюются прогнозовані рішення для всіх наступних періодів часу. Визначається . Алгоритм складається з наступних кроків:

Крок 1. Починається робота з деяким розподілом який задовольняє для всіх наступних рішень.

Крок 2. Далі, для кожного рішення , обчислюється перевага переходу партії вакцинних між кожною парою регіонів. Тут "користь" - це кількість попереджених випадків.

Крок 3. Потім вибирається найкращий перехід над усіма можливими прийнятими рішеннями і відповідно оновлюється розподіл. Треба зазначити, що це може статися в майбутньому і не вплине на рішення в день , перемикаючи гіпотетичну партію вакцини на деяку майбутню дату з регіону в регіон .

Крок 4. Повторюються кроки 2-3 поки не можна буде покращити результат.

Постійно враховуючи майбутні рішення, алгоритм отримує рішення, яке підтримує баланс між короткостроковою та глобальною користю. Даний прогноз у майбутньому, мабуть, може бути невірним, однак, тому дана процедура повинна бути проведена у кожен день , постійно оновлюючи прогнозовані рішення на майбутні періоди часу. Цей метод прогнозування розглядає можливі проблеми стабільності з короткостроковою алгоритмами.

**Висновки**

В роботі вирішена задача оптимального фармацевтичного забезпечення вакцино-профілактики грипу під час сезонного підвищення захворюваності на грип в умовах обмежених ресурсів. Продемонстровані результати показують, що зміна розподілу вакцин за стандартним пропорційним методом до адаптивної стратегії, яка враховує поточну епідемічну ситуацію в кожному регіоні, може зменшити рівень захворюваності на грип. Реалізація такої стратегії вимагатиме використання в реальному часі простих і добре перевірених математичних моделей епідемічного процесу грипу, що будуються за допомогою оцінок параметрів на основі регіональних даних захворюваності на грип в кожному з регіоні.

**Література**

1. Hardelid P, Fleming DM, McMenamin J, Andrews N, Robertson C, Sebastian Pillai P, Ellis J et al. (2011) Effectiveness of pandemic and seasonal influenza vaccine in preventing pandemic influenza A(H1N1)2009 infection in England and Scotland 2009–2010. Eurosurvelliance 16(2):Article 3.; Harris KM, Maurer J, Kellerman AL (2010) Influenza vaccine—Safe, effective and mistrusted. New Engl. J. Med. 363(23):2183–2185.
2. Centers for Disease Control and Prevention (2012) Selecting the viruses in the seasonal influenza (flu) vaccine. Accessed August 1, 2012, http://www.cdc.gov/flu/professionals/vaccination/virusqa.htm.]
3. Hill AN, Longini IM (2003) The critical vaccination fraction for heterogeneous epidemic models. Math. Biosciences 181(1):85–106.; Teytelman A, Larson RC (2012) Modeling influenza progression within a continuous-attribute heterogeneous population. Eur. J. Oper. Res. 220(1):238–250.