

**Гнатчук Є.Г.**

Хмельницький національний університет

**Засорнова І.О.**

Хмельницький національний університет

**Рей К.С.**

Хмельницький національний університет

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВАКЦИНАЦІЇ ВІД COVID-19

*Проведений огляд відомих систем підтримки прийняття рішення про вакцинацію від COVID-19 показав, що інструменти підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації від COVID-19 наразі відсутні. Хоча відомі системи мають чималий потенціал для галузі охорони здоров'я та в боротьбі з пандемією COVID-19, але ці системи не враховують правових норм жодної країни і не забезпечують формування висновку про можливість вакцинації від COVID-19 на основі наявних правових норм.*

*В статті проведено моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19, яке є теоретичним підґрунтям для формування опитувальника для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, для організації аналізу відповідей цієї людини, а також для підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.*

*Розроблено опитувальник для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19 з врахуванням чинних правових норм України, а також розроблено правила для аналізу відповідей на питання для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19. Розроблені правила дають можливість сформулювати множини медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються протипоказання до вакцинації від COVID-19, які є підставами для прийняття рішення про можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19.*

*Спроектовано систему підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19, згідно із якою людина, яка планує вакцинуватись, автоматично та безкоштовно може визначити можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19 на основі чинних в Україні правових норм, тобто може самостійно прийняти обґрунтоване рішення щодо вакцинації від COVID-19. Наразі пропонується система підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19 базується на чинних правових нормах України, але її можна адаптувати до правових норм будь-якої іншої країни шляхом проведення аналізу цих правових норм, доповнення або зміни опитувальника, а також доповнення та зміни правил для аналізу відповідей на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19.*

**Ключові слова:** вакцинація від COVID-19, можливість вакцинації від COVID-19, протипоказання до вакцинації від COVID-19, опитувальник для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19, система підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19.

**Постановка проблеми.** Проблема забезпечення автоматизованої підтримки прийняття рішень у галузі охорони здоров'я стає все більш актуальною зі збільшенням інформаційного навантаження на лікаря, розвитком комп'ютерних технологій. Системи підтримки прийняття клінічних рішень надають особам, які приймають рішення, функціональні можливості для використання різноманітної інформації, яка є підґрунтям для прийняття рішень. Саме системи підтримки прийняття клінічних рішень можуть допомогти пом'якшити тиск, який відчувають працівники

галузі охорони здоров'я, звести до мінімуму ймовірність лікарських помилок і допомогти надати ефективну допомогу незалежно від поточного навантаження на медичний заклад. Система підтримки прийняття клінічних рішень значно економить гроші, час і репутацію медичного закладу та його співробітників [1, 2].

З початку 2020 року галузь охорони здоров'я зіткнулась із серйозним викликом – пандемією COVID-19, яка спричиняє чималу смертність населення, а також руйнує економіку країн світу. Найбільш дієвим інструментом для стримування

пандемії стала вакцинація проти COVID-19. Проте висока швидкість виготовлення вакцин та їх прискорене схвалення, погана апробація та слабкі лабораторні дослідження вакцин, відсутність даних клінічних випробувань щодо безпеки та ефективності вакцин, погане самопочуття в багатьох людей після отримання вакцини, невідомі наслідки вакцинації для здоров'я в довгостроковій перспективі, невизначеність щодо ефективності проти різних штамів COVID-19, неадекватна інформація та презентація вакцинації в соціальних мережах – фактори, які гальмують вакцинацію населення і ускладнюють прийняття рішення про можливість вакцинації від COVID-19, особливо для людей з хронічними захворюваннями, незважаючи навіть на високий рівень смертності. При прийнятті рішення про можливість вакцинації від COVID-19 українцям варто знати медичні протипоказання та застереження щодо вакцинації, встановлені чинним законодавством України (медичні протипоказання та застереження описані авторами у [3]).

Отже, при прийнятті рішення про можливість вакцинації від COVID-19 людина може самостійно вивчити відповідні законодавчі акти і прийняти таке рішення або звернутись до сімейного лікаря, який знов-таки повинен володіти нормами закону і взяти на себе відповідальність прийняти рішення про можливість вакцинації. Третім шляхом є використання системи підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19, яка надає висновок про можливість вакцинації від COVID-19 на основі наявних правових норм і сприяє тим самим самостійному прийняттю рішення людиною та зменшенню навантаження на сімейного лікаря (щонайменше усуваючи необхідність вивчення сімейним лікарем чинних правових норм щодо вакцинації).

Отже, усунення необхідності вивчення людиною та сімейними лікарями законодавчих актів щодо вакцинації за рахунок розроблення системи підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19 наразі є *актуальною проблемою*.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведемо огляд відомих систем підтримки прийняття рішення про вакцинацію від COVID-19.

У дослідженні [4] пропонується система підтримки прийняття рішень, яка об'єднує геоінформаційні системи, методи моделювання та аналітики для розробки інструменту для пріоритетного розподілу вакцин проти COVID-19 у великих містах.

У [5] розроблено байєсовську мережу для поєднання та ефективного обміну доказами щодо

ризиків і переваг вакцини AstraZeneca, для консолідації доказів щодо переваг і ризиків вакцини AstraZeneca, щодо оцінки ризику розвитку тромбозу та тромбоцитопенічного синдрому після вакцини AstraZeneca.

У [6] проведено огляд спільного прийняття рішень та використання засобів допомоги пацієнтам у прийнятті рішень, які дозволяють пацієнтам подолати вагання щодо вакцинації проти COVID-19 та значно підвищити рівень впевненості в прийнятті рішень.

Автори [7] пропонують спільне прийняття рішень на основі інструментів, пов'язаних із допоміжними засобами для прийняття рішень, які допомагають пацієнтам зробити усвідомлений вибір щодо вакцинації вакциною Comirnaty від Pfizer-BioNTech.

У статті [8] пропонується прототип багатокритеріальної моделі підтримки прийняття рішень на основі цільового програмування, яка може ефективно підтримувати плани вакцинації з урахуванням мінімізації ризику поширення хвороби та кількості летальних випадків.

Основним внеском дослідження [9] є використання алгоритму машинного навчання для проведення та пріоритетної класифікації вакцинації проти COVID-19, для прогнозування пріоритетів вакцини проти COVID-19.

Автори [10] пропонують систему підтримки прийняття рішень з використанням багатоагентного програмованого середовища моделювання NetLogo. Ця система базується на застосуванні методів штучного інтелекту, моделюванні різних стратегій вакцинації, використанні генетичних алгоритмів для розробки найкращих критеріїв вакцинації та для надання пропозицій щодо більш ефективної політики.

**Постановка завдання.** Проведений огляд відомих систем підтримки прийняття рішення про вакцинацію від COVID-19 показав, що інструменти підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації від COVID-19 наразі відсутні. Хоча відомі системи мають чималий потенціал для галузі охорони здоров'я та в боротьбі з пандемією COVID-19, але ці системи не враховують правових норм жодної країни і не забезпечують формування висновку про можливість вакцинації від COVID-19 на основі наявних правових норм.

Тоді *метою нашого дослідження* є проектування системи підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації від COVID-19. Пропонована система на основі правдивих відповідей людини, яка планує вакцинуватись, на питання

системи про її анамнез формуватиме висновки про можливість або протипоказання до вакцинації. Основним завданням при проектуванні такої системи є формування опитувальника для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, а також аналіз відповідей цієї людини на питання системи, на основі яких і приймається рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для формування опитувальника для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, та для аналізу відповідей цієї людини на питання потрібно спочатку виконати моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.

Нехай  $RCIQS$  – множина медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються можливість або протипоказання вакцинації від COVID-19 (така множина може складатись з одного елемента або бути порожньою).

Для формування висновку про протипоказання до вакцинації від COVID-19 обов'язковою умовою є наявність медичних протипоказань, визначених у [3], тому *критерій наявності протипоказань до вакцинації від COVID-19* має вигляд:

- якщо  $RCIQS = \emptyset$ , то вакцинація від COVID-19 можлива;
- якщо  $RCIQS \neq \emptyset$ , то наявні протипоказання до вакцинації від COVID-19.

Враховуючи визначені у [3] наявні медичні протипоказання до вакцинації проти COVID-19, *множина протипоказань до вакцинації проти COVID-19* має наступний вигляд:

$$CIQS = \{ails, cdhs, macp, pgnt, lctn, vcid, tbif, hidv, tcp, mcpc, opct, opic, imdy, arar, aics\} \quad (1)$$

де *ails* – гостра хвороба з підвищенням температури понад 38,0°C, *cdhs* – COVID-19 в анамнезі, *macp* – лікування моноклональними антитілами або реконвалесцентною плазмою, *pgnt* – вагітність, *lctn* – лактація, *vcid* – нещодавнє введення вакцин проти інших інфекційних хвороб, *tbif* – проба з туберкуліном або аналіз крові вивільнення інтерферону- $\gamma$ , *hidv* – вірус імунодефіциту людини, вірус гепатиту С, вірус гепатиту В, *tcp* – тромбоз та/або тромбоцитопенія, *mcpc* – міокардит та/або перикардит, *opct* – онкопатологія з аlogenною або аутогенною трансплантацією або клітинною терапією, *opic* – онкопатологія з перебуванням на курсі інтенсивної цитотоксичної хіміотерапії, *imdy* – імунодефіцит, *arar* – алергічна та/або анафілактична реакція на компоненти вакцини в анамнезі, *aics* – аутоімунні стани.

Враховуючи розроблені критерій наявності протипоказань до вакцинації від COVID-19

та множину протипоказань до вакцинації проти COVID-19 (формула (1)), виконаємо моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.

Якщо  $RCIQS$  – множина медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються протипоказання до вакцинації проти COVID-19 (така множина може складатись з одного елемента або бути порожньою), то *загальне правило для прийняття рішення про можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19* має вигляд:

$$\begin{aligned} & \text{Якщо } RCIQS = \emptyset, \\ & \text{то вакцинація проти COVID-19 можлива,} \\ & \text{інакше наявні протипоказання до вакцинації від COVID-19,} \end{aligned} \quad (2)$$

Проведене моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19 є теоретичним підґрунтям для формування опитувальника для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, для організації аналізу відповідей цієї людини, а також для підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.

Враховуючи результати проведеного у [3] аналізу правових норм вакцинації від COVID-19, а також проведене моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19, розробимо опитувальник для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, і опишемо процес формування множини медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються протипоказання до вакцинації від COVID-19.

*Опитувальник для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19:*

1. Чи маєте Ви зараз гостру хворобу з підвищенням температури понад 38,0 °C?
2. Чи маєте Ви COVID-19 в анамнезі?
3. Чи проходить Ви лікування моноклональними антитілами або реконвалесцентною плазмою?
4. Чи наявна у Вас зараз вагітність?
5. Чи наявна у Вас зараз лактація?
6. Чи мали Ви нещодавнє введення вакцин проти інших інфекційних хвороб?
7. Чи проходили Ви нещодавно пробу з туберкуліном або аналіз крові вивільнення інтерферону- $\gamma$ ?
8. Чи маєте Ви вірус імунодефіциту людини, вірус гепатиту С або В?
9. Чи хворієте Ви на тромбоз та/або тромбоцитопенію?
10. Чи хворієте Ви на міокардит та/або перикардит?

11. Чи маєте Ви онкопатологію з аlogenною або аутогенною трансплантацією або клітинною терапією?

12. Чи маєте Ви онкопатологію з перебуванням на курсі інтенсивної цитотоксичної хіміотерапії?

13. Чи маєте Ви імунodefіцит?

14. Чи маєте Ви алергічну та/або анафілактичну реакцію на компоненти вакцини в анамнезі?

15. Чи наявні у Вас аутоімунні стани?

На кожне із запитань опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19 передбачено відповідь «так» або «ні».

*Правила для аналізу відповідей на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19:*

1. Якщо обрано відповідь «так» на перше запитання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *ails*

2. Якщо обрано відповідь «так» на друге запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *cdhs*

3. Якщо обрано відповідь «так» на третє запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *tascp*

4. Якщо обрано відповідь «так» на четверте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *pgnt*

5. Якщо обрано відповідь «так» на п'яте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *lctn*

6. Якщо обрано відповідь «так» на шосте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *vcid*

7. Якщо обрано відповідь «так» на сьоме запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *tbif*

8. Якщо обрано відповідь «так» на восьме запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *hidv*

9. Якщо обрано відповідь «так» на дев'яте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *ttcp*

10. Якщо обрано відповідь «так» на десяте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *msrc*

11. Якщо обрано відповідь «так» на одинадцяте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *opct*

12. Якщо обрано відповідь «так» на дванадцяте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *opіc*

13. Якщо обрано відповідь «так» на тринадцяте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *imdy*

14. Якщо обрано відповідь «так» на чотирнадцяте запитання, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *arar*

15. Якщо обрано відповідь «так» на п'ятнадцяте запитання опитувальника, то в множині *RCIQS* заноситься елемент *aіcs*

Отже, розроблено опитувальник для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19 з врахуванням чинних правових норм України, а також розроблено правила для аналізу відповідей на питання для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19. Розроблені правила дають можливість сформувати множині медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються протипоказання до вакцинації від COVID-19, які є підставами для прийняття рішення про можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19.

*Структура системи підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19* представлено на рис. 1.

Отже, спроектовано систему підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19, згідно із якою людина, яка планує вакцинуватись, автоматично та безкоштовно може визначити можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19 на основі чинних в Україні правових норм, тобто може самостійно прийняти обґрунтоване рішення щодо вакцинації від COVID-19. Наразі пропонована система підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19 базується на чинних правових нормах України, але її можна адаптувати до правових норм будь-якої іншої країни шляхом проведення аналізу цих правових норм, доповнення або зміни опитувальника, а також доповнення та зміни правил для аналізу відповідей на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19.

Розглянемо *приклад роботи системи підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19*. Особа1, яка хоче вакцинуватись, дала правдиві відповіді на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19.

Особа1 дала наступні відповіді на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19: 1. Ні; 2. Ні; 3. Ні; 4. Ні; 5. Ні; 6. Ні; 7. Ні; 8. Так; 9. Ні; 10. Ні; 11. Ні; 12. Ні; 13. Ні; 14. Так; 15. Ні.

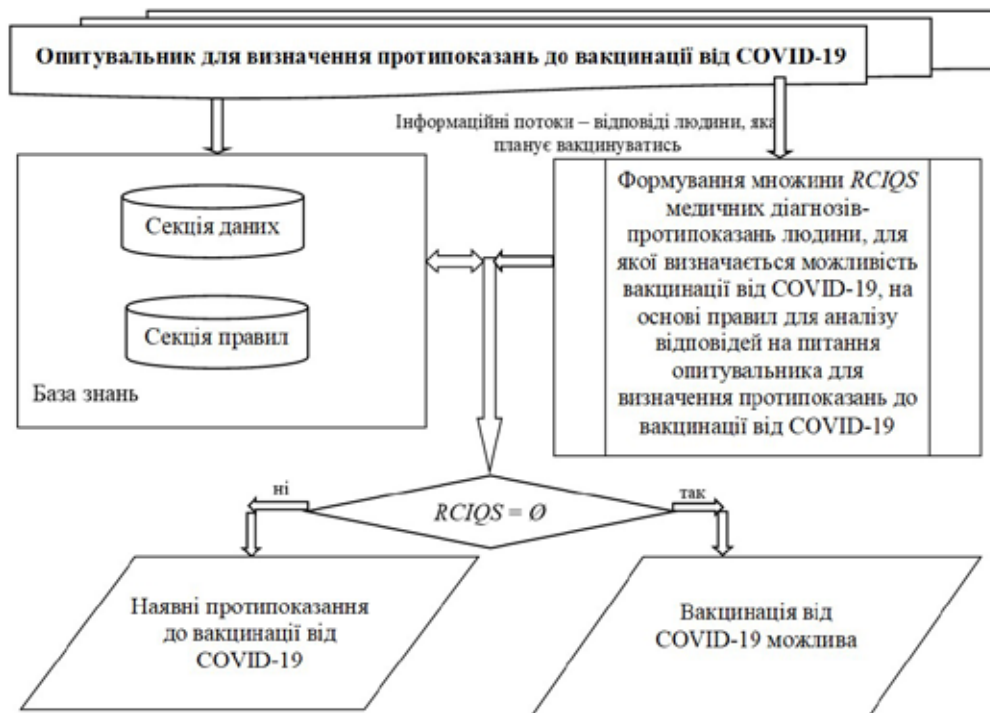


Рис. 1. Структура системи підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19

Враховуючи надані відповіді, множина  $RCIQS_i = \{hidv, arar\}$ . Оскільки множина  $RCIQS_i \neq \emptyset$ , то Особі1 система надала висновок про протипоказання до вакцинації від COVID-19. Особа1, проаналізувавши отриманий висновок, прийняла рішення відтермінувати вакцинацію від COVID-19.

**Висновки.** Проведений огляд відомих систем підтримки прийняття рішення про вакцинацію від COVID-19 показав, що інструменти підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації від COVID-19 наразі відсутні. Хоча відомі системи мають чималий потенціал для галузі охорони здоров'я та в боротьбі з пандемією COVID-19, але ці системи не враховують правових норм жодної країни і не забезпечують формування висновку про можливість вакцинації від COVID-19 на основі наявних правових норм.

В статті проведено моделювання процесу підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19, яке є теоретичним підґрунтям для формування опитувальника для збору інформації про людину, яка планує вакцинуватись, для організації аналізу відповідей цієї людини, а також для підтримки прийняття рішення про можливість вакцинації проти COVID-19.

Розроблено опитувальник для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19

з врахуванням чинних правових норм України, а також розроблено правила для аналізу відповідей на питання для визначення протипоказань до вакцинації проти COVID-19. Розроблені правила дають можливість сформувати множину медичних діагнозів-протипоказань людини, для якої визначаються протипоказання до вакцинації від COVID-19, які є підставами для прийняття рішення про можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19.

Спроектовано систему підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19, згідно із якою людина, яка планує вакцинуватись, автоматично та безкоштовно може визначити можливість або протипоказання до вакцинації від COVID-19 на основі чинних в Україні правових норм, тобто може самостійно прийняти обґрунтоване рішення щодо вакцинації від COVID-19. Наразі пропонується система підтримки прийняття рішень про можливість вакцинації від COVID-19 базується на чинних правових нормах України, але її можна адаптувати до правових норм будь-якої іншої країни шляхом проведення аналізу цих правових норм, доповнення або зміни опитувальника, а також доповнення та зміни правил для аналізу відповідей на питання опитувальника для визначення протипоказань до вакцинації від COVID-19.

**Список літератури:**

1. Khairat S., Marc D., Crosby W., Sanousi A. Reasons for Physicians Not Adopting Clinical Decision Support Systems: Critical Analysis. *JMIR Medical Informatics*. 2018. Vol. 6. Issue 2. Paper Number e24.
2. Bogdan M. Clinical Decision Support Systems: Do They Enhance Care and Cut Costs? Web-site. URL: <https://kindgeek.com/blog/post/clinical-decision-support-systems-do-they-enhance-care-and-cut-costs> (Last accessed: January 25, 2023).
3. Hnatchuk Ye., Herts A., Misiats A., Hovorushchenko T., Kant Singh K. Covid'19 Vaccination Decision-Making Method and Subsystem Based on Civil Law. *CEUR-WS*. 2022. Vol. 3156. Pp. 262-273.
4. Shahparvari S., Hassanizadeh B., Mohammadi A., Kiani B., Lau K., Chhetri P., Abbasi B. A decision support system for prioritised COVID-19 two-dosage vaccination allocation and distribution. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*. 2022. Vol. 159. Paper Number 102598.
5. Mayfield H., Lau C., Sinclair J., Brown S., Baird A., Litt J., Vuorinen A., Short K., Waller M., Mengersen K. Designing an evidence-based Bayesian network for estimating the risk versus benefits of AstraZeneca COVID-19 vaccine. *Vaccine*. 2022. Vol. 40. Issue 22. Pp. 3072-3084.
6. Scalia P., Durand M., Elwyn G. Shared decision-making interventions: An overview and a meta-analysis of their impact on vaccine uptake. *Journal of Internal Medicine*. 2022. Vol. 291. Issue 4. Pp. 408-425.
7. Vincent Y., Frachon A., Allaire A., Boussageon R., Pouchain D., Ferrat E., Rat C. Development of a patient decision aid for COVID-19 vaccination with the Comirnaty vaccine. *Family Practice*. 2022. Vol. 39. Issue 3. Pp. 486-492.
8. Asllani A., Trimi S. COVID-19 vaccine distribution: exploring strategic alternatives for the greater good. *Service Business*. 2022. Vol. 16. Pp. 601-609.
9. Romeo L., Frontoni E. A Unified Hierarchical XGBoost model for classifying priorities for COVID-19 vaccination campaign. *Pattern Recognition*. 2022. Vol. 121. Paper Number 108197.
10. Sulis E., Terna P. An Agent-based Decision Support for a Vaccination Campaign. *Journal of Medical Systems*. 2021. Vol. 45. Issue 11. Paper Number 97.

**Hnatchuk Ye.H., Zasornova I.O., Rei K.S. DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM ABOUT THE POSSIBILITY OF VACCINATION AGAINST COVID-19**

*The paper simulates the process of supporting decision-making about the possibility of vaccination against COVID-19, which is a theoretical basis for the formation of a questionnaire for collecting information about a person who plans to be vaccinated, for organizing the analysis of the answers of this person, as well as for supporting decision-making about the possibility of vaccination against COVID-19.*

*A questionnaire was developed to determine contraindications to vaccination against COVID-19, taking into account the current legal norms of Ukraine, as well as rules were developed to analyze the answers to questions to determine contraindications to vaccination against COVID-19. The developed rules make it possible to form a set of medical diagnoses-contraindications of a person for whom contraindications to vaccination against COVID-19 are determined, which are grounds for making a decision about the possibility or contraindications to vaccination against COVID-19.*

*A support system for decision-making about the possibility of vaccination against COVID-19 has been designed, according to which a person who plans to be vaccinated can automatically and free of charge determine the possibility or contraindications to vaccination against COVID-19 based on the legal norms in force in Ukraine, that is, he can independently make an informed decision regarding vaccination against COVID-19. Currently, the proposed support system for decision-making about the possibility of vaccination against COVID-19 is based on the current legal norms of Ukraine, but it can be adapted to the legal norms of any other country by conducting an analysis of these legal norms, supplementing or changing the questionnaire, as well as supplementing and changing the rules to analyze answers to questionnaire questions to determine contraindications to vaccination against COVID-19.*

**Key words:** *vaccination against COVID-19, possibility of vaccination against COVID-19, contraindications to vaccination against COVID-19, questionnaire to determine contraindications to vaccination against COVID-19, decision-making support system about the possibility of vaccination against COVID-19.*