

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ**Б.В. Леваньков, Е.М. Выборов, Н.И. Яковенко**

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

MEDICAL DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM BASED ON BAYESIAN NETWORKS IN MEDICAL DIAGNOSTICS**Bogdan V. Levan'kov, Evgeniy M. Vyborov, Nikita I. Yakovenko**

S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

Резюме. Современный уровень развития медицинской науки предоставляет в распоряжение лечащего врача тысячи разнообразных диагностических и лечебных методик, лекарственных средств. В их практическом применении врачу-клиницисту приходится учитывать самые различные факторы: показания и противопоказания методики или способа лечения, особенности пациента и течения заболевания, совместимость или усиление влияния тех или иных методов обследования, лекарственных препаратов друг на друга, индивидуальную лекарственную непереносимость и противопоказания у пациента. Все это держать в памяти и принимать безошибочные, правильные и своевременные решения становится сложнее. Причем ситуация стремительно усугубляется тем, что объем знаний в медицине растет лавинообразно, а время на принятие врачом соответствующего решения при постановке диагноза не увеличивается. В связи с этим возникает вопрос о создании системы, позволяющей минимизировать время для принятия врачом решения о наличии того или иного заболевания.

Цель: разработать систему поддержки принятия врачебных решений при диагностировании пациентов на основе байесовских сетей.

Результаты. Рассмотрен вариант системы поддержки принятия врачебных решений при постановке диагноза простуды, гриппа и коронавируса. Предложена модель байесовской сети с помощью ПО «GeNIe Academic». Получены результаты процентных соотношений возможных заболеваний пациента на основе имеющихся симптомов.

Заключение. Рассмотренный в статье подход к построению системы поддержки принятия решений призван оказывать помощь врачам при постановке диагноза пациенту на основе его анамнеза. Следует отметить, что построенная байесовская сеть может быть модифицирована путем добавления иных симптомов с их условными вероятностями и корректировки имеющихся после экспертной оценки (6 рис., библи.: 6 ист.).

Ключевые слова: байесовская сеть; безусловная вероятность; грипп; коронавирус; простуда; система поддержки принятия решений; условная вероятность.

Статья поступила в редакцию 30.09.2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития медицинской науки предоставляет в распоряжение лечащего врача тысячи разнообразных диагностических и лечебных методик, лекарственных средств. В их практическом применении врачу-клиницисту приходится учитывать самые различные факторы: по-

Summary. Modern level of medical science development provides the attending doctor with thousands of various diagnostic and therapeutic techniques as well as medicines. Practically applying them, the clinician has to take into account a variety of factors: indications and contraindications of the method or modalities of treatment, characteristics of the patient and the course of the disease, compatibility or strengthening of the influence of certain examination methods, medications on each other, individual drug intolerance and contraindications in the patient. It becomes more difficult to keep all this in memory and make error-free, correct and timely decisions. Moreover, the situation is rapidly aggravated by the fact that the volume of knowledge in medicine is growing incrementally, and the time for a doctor to make an appropriate decision when making a diagnosis does not increase. In this regard, the question of creating a system that will minimize the time for a doctor to make a decision on the presence of a particular disease arises.

AIM: To develop a medical decision-making support system based on Bayesian networks in diagnosing patients.

RESULTS: A variant of the medical decision support system for the diagnosis of cold, flu and coronavirus are considered. A Bayesian network model using the GeNIe Academic software is proposed. The results of the percentages of possible diseases of the patient based on the existing symptoms are obtained.

CONCLUSION: The approach to the decision support system construction considered in the article is intended to assist doctors in making a diagnosis to a patient based on his anamnesis. It should be noted that the constructed Bayesian network can be modified by adding other symptoms with their conditional probabilities and adjusting the existing ones after expert judgment (6 figs, bibliography: 6 refs).

Key words: Bayesian network; cold; flu; conditional probability; coronavirus; decision making support system; unconditional probability.

Article received 30.09.2020.

казания и противопоказания методики или способа лечения, особенности пациента и течения заболевания, совместимость или усиление влияния тех или иных методов обследования, лекарственных препаратов друг на друга, индивидуальную лекарственную непереносимость и противопоказания у пациента. Все это держать в памяти и принимать

безошибочные, правильные и своевременные решения становится сложнее. Причем ситуация стремительно усугубляется тем, что объем знаний в медицине растет лавинообразно, а время на принятие врачом соответствующего решения при постановке диагноза не увеличивается [1]. В связи с этим возникает вопрос о создании системы, позволяющей минимизировать время для принятия врачом решения о наличии того или иного заболевания.

Цель — разработать систему поддержки принятия врачебных решений при диагностировании пациентов на основе байесовских сетей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Байесовская сеть — это графовая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей по формуле Байеса (рис. 1). Формула Байеса позволяет определить вероятность того или иного события при условии, что произошло другое событие, статистически взаимозависимое с ним. Иными словами,

формула Байеса дает возможность более точно пересчитать вероятность посредством взятия в расчет не только уже известной информации, но и новой, полученной в ходе наблюдений [2].

В данной работе в качестве новой (или наблюдаемой) информации возникновения событий *A* (наличия заболевания) было предложено использовать данные о симптомах заболеваний коронавируса, простуды и гриппа пациентов.

Согласно памятке Роспотребнадзора о различиях между симптомами коронавируса, простуды и гриппа¹ (рис. 2) были определены следующие условные вероятности:

- «часто» как в 90 % случаев заболевания;
- «иногда» как в 50 % случаев заболевания;
- «редко» как в 10 % случаев заболевания.

¹ Ссылки на памятки и рекомендации. Доступен по: https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news_time/news_details.php?ELEMENT_ID=13566 (дата обращения: 20.11.2020).

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) P(A)}{P(B)},$$

где

$P(A)$ — априорная вероятность гипотезы *A* (смысл такой терминологии см. ниже);

$P(A | B)$ — вероятность гипотезы *A* при наступлении события *B* (апостериорная вероятность);

$P(B | A)$ — вероятность наступления события *B* при истинности гипотезы *A*;

$P(B)$ — полная вероятность наступления события *B*.

Рис. 1. Формула Байеса

COVID-19		ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ СИМПТОМАМИ КОРОНАВИРУСА COVID-19, ПРОСТУДНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ГРИППА		РОСПОТРЕБНАДЗОР ЕДИНЬИЙ КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РОСПОТРЕБНАДЗОРА 8-800-555-49-43
СИМПТОМЫ	КОРОНАВИРУС	ПРОСТУДНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ	ГРИПП	
Повышенная температура	часто	редко	часто	
Усталость	иногда	иногда	часто	
Кашель	часто (сухой)	незначительный	часто (сухой)	
Чихание	нет	часто	нет	
Боль в суставах	иногда	часто	часто	
Насморк	редко	часто	иногда	
Боль в горле	иногда	часто	иногда	
Диарея	редко	нет	иногда (у детей)	
Головная боль	иногда	редко	часто	
Одышка	иногда	нет	нет	

Рис. 2. Памятка Роспотребнадзора о различиях между симптомами

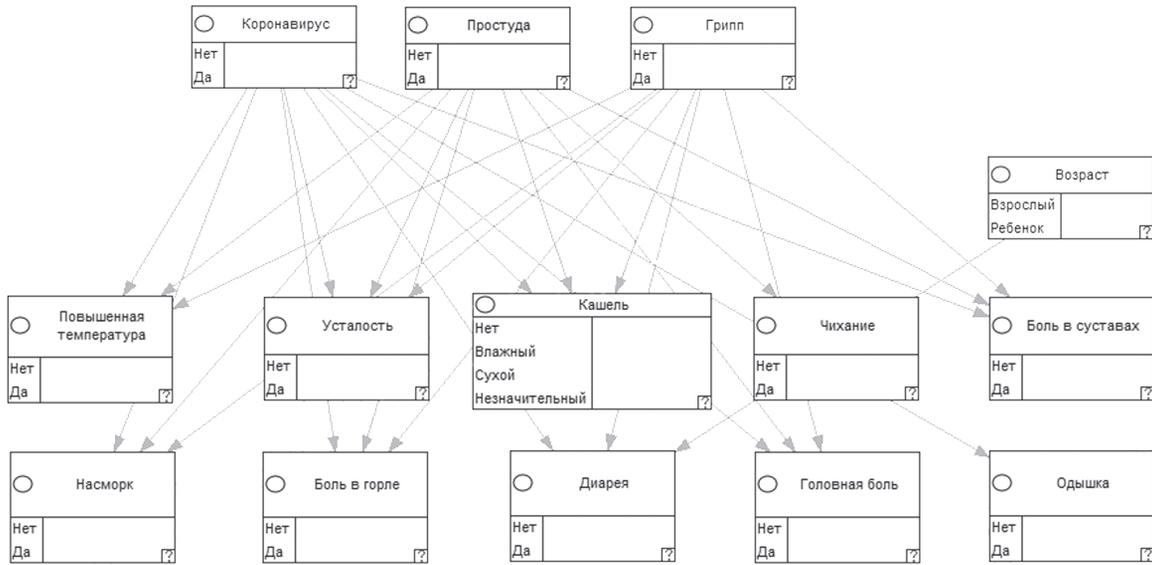


Рис. 3. Байесовская сеть в ПО «GeNIe Academic»

Node properties: Кашель

General Definition Format User properties

	Нет				Да			
	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да
Коронавирус	0.9	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Простуда	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.05	0.05
Грипп	0.03	0.89	0.05	0.5	0.89	0.89	0.5	0.5
Влажный	0.05	0.05	0.89	0.4	0.05	0.05	0.4	0.4
Сухой								
Незначительный								

OK Отмена

Рис. 4. Таблица условных вероятностей на примере симптома кашля

На основе этих данных была составлена байесовская сеть в ПО «GeNIe Academic» (рис. 3).

Таблица условных вероятностей на примере симптома кашля имеет вид на рис. 4. В ней указаны процентные соотношения появления симптома при различных вариантах заболеваний.

На основе введенных данных байесовская сеть имеет возможность рассчитывать процент возможного заболевания. Допустим, у пациента-взрослого имеется ряд симптомов: повышенная температура, усталость, чихание, насморк и боль в горле. Тогда,

согласно формуле Байеса (см. рис. 1), вероятностные соотношения для 3 приведенных болезней будут выглядеть следующим образом (рис. 5).

Аналогично рассмотрим другой вариант имеющихся у пациентов симптомов: повышенная температура, усталость, сухой кашель, боль в суставах, боль в горле, диарея и одышка. В этом случае результат расчета байесовской сети будет в пользу коронавирусной инфекции (рис. 6).

Конечно же, вероятностный вывод о наличии той или иной болезни, рассчитываемый байесовской

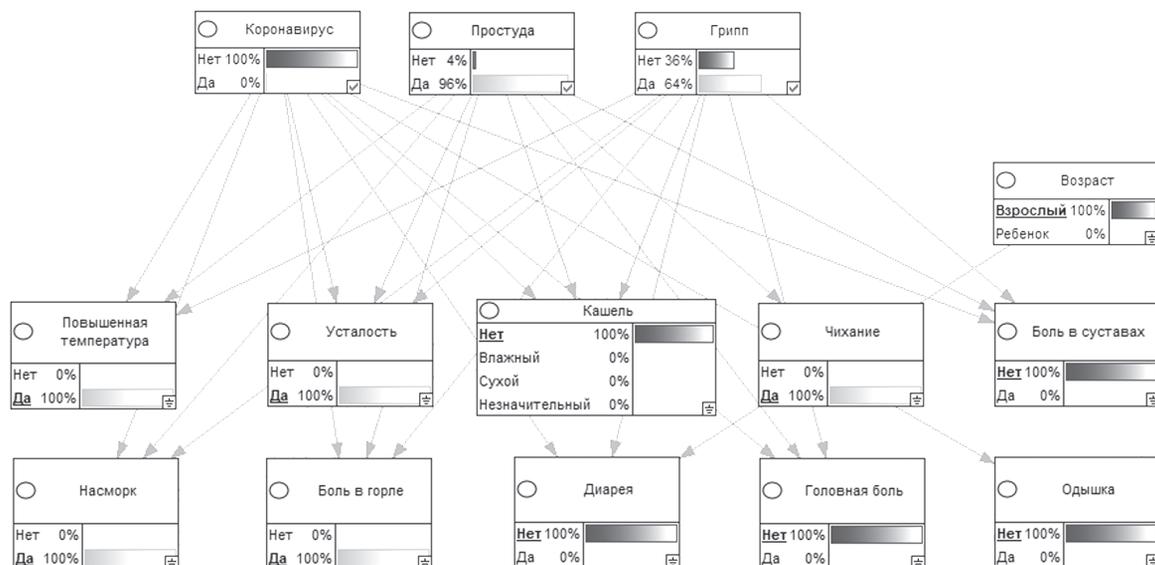


Рис. 5. Вероятностные соотношения заболевания коронавирусом, простудой и гриппом

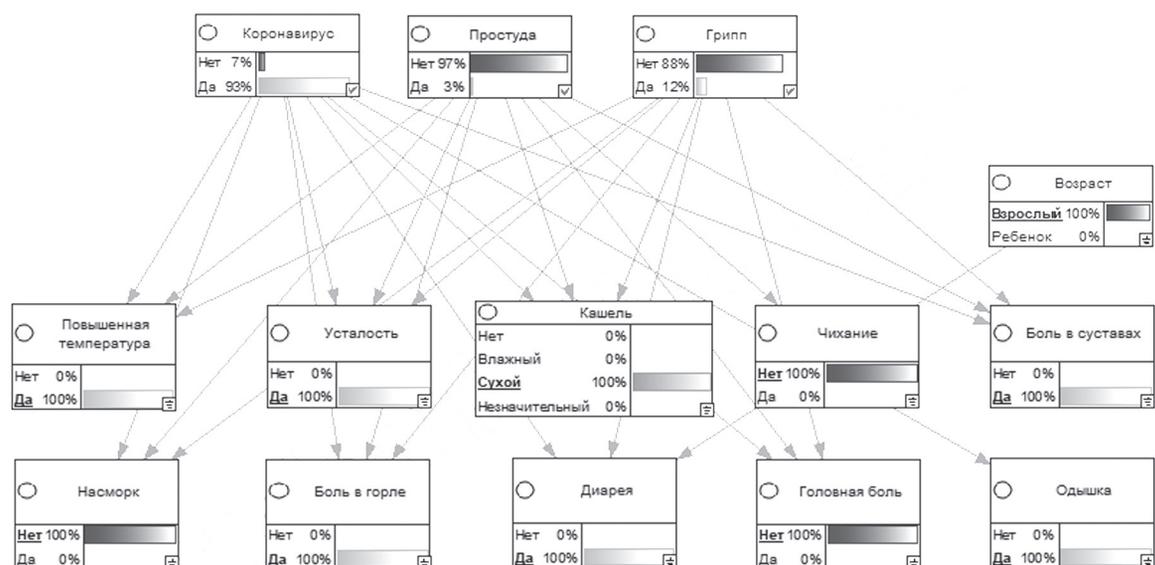


Рис. 6. Вероятностные соотношения заболевания коронавирусом, простудой и гриппом при наличии других симптомов

сеть, не может заменить консультацию профессионального врача. Но, тем не менее, после корректировки соответствующих вероятностей, добавления новых симптомов и заболеваний разработанную систему можно рассматривать как перспективное направление в медицинской диагностике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в статье подход к построению системы поддержки принятия решений призван оказывать помощь врачам при постановке диагноза пациенту на основе его анамнеза. Следует отметить, что построенная байесовская сеть может быть модифицирована путем добавления иных симптомов с их условными вероятностями и корректировки имеющихся после экспертной оценки.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова».

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации // Врач и информационные технологии. 2017. № 2. С. 60–72.
2. Звягин Л.С. Метод байесовских сетей и ключевые аспекты байесовского моделирования // Материалы международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. 2019. Т. 1. С. 30–34.
3. Айвазян С.А. Байесовский подход в эконометрическом анализе // Прикладная эконометрика. 2008. № 1 (9). С. 93–108.
4. MacKay D.J.C. *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*. Cambridge: Published by Cambridge University Press, 2003. 640 p.
5. Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Алгоритмы выбора моделей и синтеза коллективных решений в задачах классификации, основанные на принципе устойчивости. М.: URSS, 2006.
6. Прокопчина С.В., Федичкин А.И. Применение байесовских интеллектуальных технологий для оценки интегральных показателей // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. 2006. С. 20–22.

REFERENCES

1. Gusev AV, Zarubina TV. Support of medical decision-making in medical information systems of a medical organization. *Doctor and information technologies*. 2017;(2):60–72. (In Russ.)
2. Zvyagin LS. Bayesian Network Method and Key Aspects of Bayesian Modeling. *Proceedings of the International Conference on Soft Computing and Measurements*. 2019;1:30–34. (In Russ.)
3. Ayvazyan SA. Bayesian approach in econometric analysis. *Applied econometrics*. 2008;1(9):93–108. (In Russ.)
4. MacKay DJC. *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*. Cambridge: Published by Cambridge University Press; 2003. 640 p.
5. Vetrov DP, Kropotov DA. *Algorithms for choosing models and synthesizing collective solutions in classification problems based on the principle of stability*. Moscow: URSS Publisher; 2006.
6. Prokopchina SV, Fedichkin AI. The use of Bayesian intelligent technologies for the assessment of integral indicators. *Collection of reports International Conference on Soft Computing and Measurements*. 2006. P. 20–22. (In Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Богдан Викторович Леванков — оператор научной роты, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6293-4330>; eLibrary SPIN: 4527-2307; e-mail: bogdan.levankov@gmail.com

Евгений Михайлович Выборов — оператор научной роты, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; eLibrary SPIN: 2293-2790; e-mail: vyborov.99@mail.ru

Никита Игоревич Яковенко — оператор научной роты, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4007-1957>; eLibrary SPIN: 7441-6164; AuthorID: 1010300; e-mail: nikitayakovenko@hotmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Bogdan V. Levan'kov — scientific company operator, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, bld. 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6293-4330>; eLibrary SPIN: 4527-2307; e-mail: bogdan.levankov@gmail.com

Evgeniy M. Vyborov — scientific company operator, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, bld. 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044; eLibrary SPIN: 2293-2790; e-mail: vyborov.99@mail.ru

Nikita I. Yakovenko — scientific company operator, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, bld. 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4007-1957>; eLibrary SPIN: 7441-6164; AuthorID: 1010300; e-mail: nikitayakovenko@hotmail.com