

DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.07

УДК 519.24

О.В. Логиновский¹, Д.В. Гилев²

¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ НА ОСНОВЕ КОМИТЕТНЫХ МЕТОДОВ

В вопросах управления в социальных и экономических системах медицинская проблематика приобретает все большую значимость, а процессы диагностики заболеваний становятся наиважнейшей задачей самых различных учреждений здравоохранения. Неверная диагностика заболеваний приводит не только к тому, что лечение больного становится неэффективным, а иногда даже и вредоносным, но и ведет к значительному увеличению затрат, связанных с дорогостоящими процедурами проведения дальнейших анализов и лечения больного. Именно по этой причине необходимо усовершенствовать алгоритм процедуры диагностики, включив в него два качественно новых блока, основанных на разработанных методах процедур латентного анализа, базирующихся на комитетном и дискриминантном анализе.

Методы комитетного и дискриминантного анализа как вспомогательный аппарат имеют также результативность и действенность в решении задачи диагностики любых заболеваний, в том числе неврологических и сосудистых заболеваний, как особо опасных и являющихся значительно ухудшающими уровень жизни населения, приводящих к повышенной смертности, а также ухудшающих статистические результаты деятельности учреждений здравоохранения.

Предложенный в статье усовершенствованный алгоритм процедуры диагностики дополняется авторами двумя этапами, которые добавляются в случае, если картина симптомов смазана и предварительный диагноз не представлен либо когда под имеющуюся симптоматику подходит несколько диагнозов. Возникает это, как правило, из-за противоречивых излишних сведений, которые соответствуют самым разным заболеваниям. В этом случае используется метод дифференциальной диагностики, заключающийся в повторном опросе, осмотре пациента, изучении его истории болезни, назначении дополнительных клинических, функциональных и лабораторных анализов, которые в некоторых случаях являются избыточными и даже вредоносными для больного, а также увеличивают общую стоимость лечения болезни и, как правило, издержки учреждения здравоохранения в целом. Разрешить подобную ситуацию можно, используя методы дискриминантного анализа, которые позволят выявить нужный диагноз с помощью отнесения факторов к тому или иному заболеванию. Однако часто здесь возникает ситуация, связанная с противоречивостью данных, которые не позволяют решить задачу дискриминантного анализа стандартными методами. В этом случае можно использовать актуальные математические методы, такие как деревья решений, метод опорных векторов, нейронные сети, но которые являются плохо интерпретируемыми и сложны в восприятии, поэтому предложен метод комитетов, который усовершенствован авторами с целью снижения размерности задачи, способствующей сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний. Указанный метод позволяет устранить противоречивость данных и однозначно поставить диагноз, некоторые особенности которого впоследствии можно уже выявить путем иных стандартных клинических или инструментальных методов.

Таким образом, можно сделать выводы, что использование методов комитетного и дискриминантного анализа в диагностике заболеваний является не только вспомогательным, но и обязательным атрибутом с целью повышения качества оказания медицинских услуг. Более того, основным методическим положением применения указанных методов является использование поиска латентных факторов риска заболеваний, что позволяет увеличивать долю вовремя диагностированных больных. Также не стоит забывать о положении корректного сбора информации и ее обработки.

Ключевые слова: метод комитетов, дискриминантный анализ, управление, медицинская услуга, диагностика заболеваний, алгоритм, система линейных неравенств, неформализованные ограничения, несовместность, латентные факторы.

O.V. Loginovskiy¹, D.V. Gilev²

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

²Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation

IMPROVING THE ALGORITHM FOR MANAGING THE PROVISION OF MEDICAL SERVICES BASED ON COMMITTEE METHODS

In matters of management in social and economic systems, medical issues are becoming increasingly important, and the processes of diagnosis of diseases are becoming the most important task of various health care institutions. Incorrect diagnosis of diseases leads not only to the fact that the patient's treatment becomes ineffective, and sometimes even harmful, but also leads to a significant increase in the costs associated with expensive procedures for further analysis and treatment of the patient. It is for this reason that it is necessary to improve the algorithm of the diagnostic procedure, including two qualitatively new blocks based on the developed methods of latent analysis procedures based on Committee and discriminant analysis.

Methods of Committee and discriminant analysis as an auxiliary device are also effective and effective in solving the problem of diagnosing any diseases, including neurological and vascular diseases, as particularly dangerous and significantly impairing the standard of living of the population and leading to increased mortality, as well as worsens the statistical results of health care institutions.

The improved algorithm of the diagnostic procedure proposed in the article is supplemented by the authors with two stages, which are added if the picture of symptoms is blurred and the preliminary diagnosis is not presented, or when several diagnoses fit the existing symptoms. This usually occurs due to conflicting, redundant information that corresponds to a variety of diseases. In this case, the method of differential diagnosis is used, which consists in re-interviewing, examining the patient, studying his medical history, prescribing additional clinical, functional and laboratory tests, which in some cases are excessive and even harmful to the patient, as well as increase the total cost of treating the disease, and usually increase the costs of the health care institution as a whole.. To resolve this situation, you can use discriminant analysis methods, which will allow you to find out the necessary diagnosis by assigning factors to a particular disease. However, often there is a situation related to the inconsistency of data that does not allow us to solve the problem of discriminant analysis using standard methods. In this case, you can use current mathematical methods, such as decision trees, the support vector method, and neural networks, but they are poorly interpreted and difficult to understand. therefore, we propose a method of analysis, which is improved by the authors in order to reduce the size of the problem, which helps reduce the number of factors necessary for the diagnosis of diseases. This method allows you to eliminate the inconsistency of data and unambiguously make a diagnosis, some features of which can later be identified by other standard clinical or instrumental methods.

Thus, we can conclude that the use of methods of Committee and discriminant analysis in the diagnosis of diseases is not only an auxiliary, but also a mandatory attribute, in order to improve the quality of medical services. Moreover, the main methodological position of the application of these methods is to use the search for latent risk factors for diseases, which allows increasing the proportion of timely diagnosed patients. Also, do not forget about the provision of correct information collection and processing.

Keywords: committee method, discriminant analysis, control, medical service, diagnosis of diseases, algorithm, system of linear inequalities, unformalized constraints, incompatibility, latent factors.

Введение

Вопросы управления в социальных и экономических системах становятся все более актуальными в современный период, который характеризуется усилением политической, социальной и экономической нестабильности, а также развитием разного рода эпидемий и пандемий в мире.

Теория управления оказанием медицинских услуг основана на общих принципах управления, которые полезно рассмотреть с медицинской точки зрения.

Среди категорий процессов оказания медицинской помощи в учреждениях здравоохранения главным образом выделяют шесть основных:

– клиническое обследование;

– процесс диагностирования заболевания исходя из данных опроса и осмотра, а также клинических, лабораторных, параклинических и иных обследований;

– непосредственно постановка диагноза. Особо стоит отметить, что этот процесс отличается от второго тем, что диагностирование – это именно обследование, т.е., грубо говоря, получение данных при помощи каких-либо механизмов (анализ крови, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография и др.);

– проверка диагноза, его уточнение посредством дополнительных обследований, в том числе дорогостоящих, высокотехнологичных;

– подбор лекарственных средств и дозировок в соответствии со стандартами лечения, а также назначение спектра лечебно-профилактических мероприятий, начиная от физиотерапии и заканчивая высокотехнологичными хирургическими операциями, и в конечном счете выписывание рекомендаций;

– ведение фиксирующей документации: амбулаторной карты, листа временной нетрудоспособности, выписки рецептов.

Во всех шести описанных процессах особо важным является процесс постановки диагноза. Если он выполнен с ошибками, неточностями, в результате которых установлен неверный диагноз, то последующие процессы будут, скорее всего, не только неэффективными и бесполезными, но и вредоносными для пациентов и всей медицинской организации. Действительно, неверно поставленный диагноз, как правило, влечет за собой неадекватное лечение, назначение неверных лекарственных средств и лечебно-профилактических мероприятий, что может привести к значительному ухудшению состояния больного и даже к его смерти, а также к увеличению стоимости лечения и иных затрат.

Безусловно, нельзя оставлять без внимания и все остальные процессы, первые два важны и неразрывно связаны с корректной постановкой диагноза, но тем не менее, даже если они выполнены на высшем уровне, в большинстве случаев возможны ошибки в постановке

диагноза. Некоторые авторы [1, 2] выделяют следующие причины неверного диагноза:

- недостаточность лабораторного и инструментального исследования, неправильное использование результатов этого исследования (также превалирует в третьем процессе);

- недостаточность методов диагностирования в общем (также является недостатком третьего процесса);

- неполноценное обобщение данных обследования больного, а также неумелое их использование применительно к особенностям течения болезни;

- длительное бессимптомное течение болезни;

- тяжелое состояние больного, затрудняющее его обследование;

- редкость заболевания или атипичное его течение.

Таким образом, резюмируем, что в процессах оказания медицинских услуг населению наиболее сложными процедурами являются диагностические. Именно они требуют особого внимания и усовершенствования.

1. Теоретические аспекты

Процедуры диагностирования на сегодняшний день нуждаются в расширении имеющихся методов и приемов. При этом отметим, что точный диагноз возможно поставить только при соблюдении ряда условий. В частности, к таким условиям относится метод исследования и контроля непосредственно за самим процессом. Наиболее приемлемым нам представляется математический подход. Данный подход будет иметь одинаковую эффективность как при решении сложных вопросов при создании врачом соответствующего алгоритма по точному определению диагноза, так и при элементарных легких алгоритмах [3]. Также необходимо отметить, что если количество вариантов постановки диагноза (симптомов) слишком большое, то врачам необходимо использовать компьютерные технологии, так как от этого напрямую зависит быстрота постановки диагноза и эффективность от раннего начала лечения. Разберем задачу: постановка диагноза в результате выбора одного из двух.

Существует список данных: признаки, симптомы, анамнез, лабораторное обследование – все это проверяется у обследуемого пациента. В такой список входят данные, относящиеся к двум болезням. Когда появляется больной, лечащий врач, изучив симптоматику, ставит нуж-

ный диагноз. В основном этот процесс осуществляется в уме по памяти. Несмотря на богатый опыт, для того чтобы подтвердить свое заключение, специалист прибегает к количественным данным.

К числу численных методов дифференциальной диагностики относится статистический дискриминантный анализ. Охарактеризуем данный метод более подробно.

На основании дискриминантного анализа объекты подразделяются на две группы. В основе деления лежит показатель, равный сумме нескольких компонентов, т.е. баллов. Каждая из групп мерит определенную характеристику. Если сумма баллов, которая была вычислена для объекта, превалирует над величиной порога одной группы, то он попадает в данную группу.

Несмотря на то, что клиническая картина заболевания нередко проста, бывают ситуации, когда мнения врачей расходятся, или врач поменял свое мнение, или сомнителен диагноз, поэтому ранее разработан наименее сложный метод для точной диагностики в сомнительных ситуациях. С помощью метода можно было отделить больных, например, тиреотоксикозом от пациентов при затруднении оценки заболевания. Вычислительные методы можно не использовать во врачебной практике, если врач, имея большой опыт, легко принимает верное решение. И напротив, когда врач сомневается в верности поставленного диагноза, то их применение необходимо.

За счет дискриминантной функции статистический анализ может быть наиболее точным. В основном врач делает выбор между возможными диагнозами. Интерпретацию, а также оценку результатов осложняет отсутствие математической модели. Применение дискриминантных функций может вызвать ряд проблем. В классическом подходе при разделении больных на две группы матрицы симптоматики в них одинаковы, также распределения нормальные многомерные. Если корреляционные матрицы различаются, то для диагноза нужно больше вычислений.

2. Данные и методы

Как было показано в теории, задача диагностики может быть решена с помощью методов дискриминантного анализа.

Вначале рассмотрим методы решения задачи дискриминантного анализа, т.е. следующей задачи.

Найти разделяющую функцию f из функционального класса F такую, что

$$f(x) > 0 \forall x \in A, f(x) < 0 \forall x \in B.$$

Большая группа методов решения этой задачи основана на ее сведении к линейным неравенствам, а для нахождения решения системы линейных неравенств применяются итерационные методы [4].

Чтобы свести задачу дискриминантного анализа к линейным неравенствам, пользуются приемом разложения функции $f(x)$ по базисным функциям. Тогда задача дискриминантного анализа сводится к поиску коэффициентов разложения, а относительно этих коэффициентов получаем систему линейных неравенств [5].

При этом итерационные методы решения этой задачи группируются в основном вокруг метода линейной коррекции, а конечные методы – вокруг симплекс-метода [6]. Многие пакеты прикладных программ используют более общие конструкции для линейных неравенств [7]. Эти конструкции позволяют находить коллективы решающих правил. При этом доказано, что коллективы более эффективны, чем единичные правила. Более того, коллективы правил приводят к нейронным сетям. Наиболее глубоко разработанная теория в этом направлении – это теория комитетов и комитетных конструкций [8].

При диагностике заболеваний нередко встречаются ситуации, когда постановка диагноза затруднена за счет слишком общей картины симптомов. Для устранения описанной проблемы предлагается новая процедура латентного анализа, зависящая от некоторого заранее выбранного класса функций F из $\{R^m \rightarrow R\}$. Метод можно использовать в различных медицинских исследованиях факторов заболеваний, в том числе сосудистых и неврологических.

Предположим, что получен материал наблюдений в виде таблицы объект/признак:

$$A = [c_1 \dots c_m]^T = [a_1 \dots a_n].$$

Здесь T – знак транспонирования; c_j – вектор – строка-описание j -го объекта; a_i – вектор – столбец значений i -го признака на объектах.

Используем функции $f \in F$, где функция f , вначале неизвестная, определяет в результате анализа форму кластера. Записываем систему

$$f(a_i) > 0 \quad (i = 1, \dots, n).$$

Если система совместна, то считаем, что имеется только одна латентная переменная – она является комбинацией совокупности всех признаков. Однако, как правило, эта система несовместна. В таком случае выбираем решения максимальных по включению совместных подсистем этой системы – от каждой подсистемы по одному решению.

Получаем набор f_1, \dots, f_q . Для f_k кластер переменных $G_k = \{i: f_k(a_i) > 0\}$. Тогда соответствующий латентный фактор – комбинация признаков, входящих в G_i .

Класс F выбирается в соответствии с содержательным смыслом кластеров. Как правило, в этом классе $f(x) = xQx^T + b$ – квадратичная функция.

Как было замечено ранее, задачи прогнозирования могут быть неформализованными. Эффективным методом учета неформализованных ограничений в задачах математического программирования и распознавания образов является математический аппарат дискриминантного анализа и таксономии, в частности метод комитетов. Для несовместных систем ограничений метод комитетов предлагает использовать вместо понятия решения системы некоторое его обобщение – консилиум векторов, реализующий понятие «размытого» решения. Другое название – комитет решающих правил.

3. Модель

Как было показано ранее, именно от правильности диагностики (установления диагноза болезни) зависит эффективность всех дальнейших мероприятий и в целом результативность оказания медицинской помощи. В связи с этим повышение эффективности работы медицинских учреждений прежде всего определяется методами и алгоритмами диагностики и возможностями их совершенствования. Для этих целей можно и целесообразно оптимизировать *управление процессом диагностики заболеваний*, что возможно сделать с помощью усовершенствованных методов комитетного и дискриминантного анализа, указанных в статье [9].

Непосредственно процесс управления диагностикой можно алгоритмизировать и описать схемой, представленной на рисунке. В данной схеме в двойных рамках указаны процессы, а в одинарных – результат процесса.

Обычно процесс диагностирования заболевания осуществляется следующим образом: врач собирает анамнез, проводит осмотр пациента и на основе собранной информации ставит предварительный диагноз, либо делает вывод о невозможности постановки диагноза по имеющимся данным, либо рассматривает несколько диагнозов, которые могут соответствовать имеющимся характеристикам. Затем во всех трех случаях (иногда за исключением первого) назначаются клинические, инструментальные, функциональные исследования, которые на следующем этапе во втором и третьем случаях далеко не всегда дают эффективные результаты. В связи с этим необходимо внести корректировки в процесс диагностики. Для этой цели предлагается алгоритм управления процессом диагностики заболевания, который изображен на рисунке. Представленный алгоритм состоит из нескольких этапов, два из которых добавлены авторами. Опишем каждый этап по отдельности.

Первый этап диагностики, заключающийся в определении жалоб, особенностей течения болезни, является весомым и требует проведения всестороннего опроса, при котором необходимо проявлять особую внимательность к деталям, грамотно оформлять полученную информацию.

На втором этапе необходимо провести тщательный анализ собранных сведений, сгруппировать характеристики в логическом порядке, описать полученную информацию в кратком виде. Установить временные характеристики каждого симптома для понимания истории заболевания, при этом обращая внимание не столько на хронологические перечисления посещений медицинских учреждений, сколько на факторы, которые позволяют описать динамику развития болезни с момента возникновения ее первичных признаков до возникновения характерных клинических симптомов. При этом необходимо обязательно обратить внимание на условия труда и быта больного, качество его питания, состав вредных привычек, а также особенности течения заболевания. Затем необходимо осуществить конкретизацию всей совокупной информации с учетом имеющихся жалоб и особенностей течения болезни.

Результатами второго этапа может служить одна из трех ситуаций:

1. Собранная информация позволяет однозначно поставить предварительный диагноз, но при этом могут потребоваться некоторые специфичные для данного диагноза дополнительные методы диагностирования с целью уточнения клинической картины, детализирования течения болезни и ее отдельных проявлений, которые на следующем

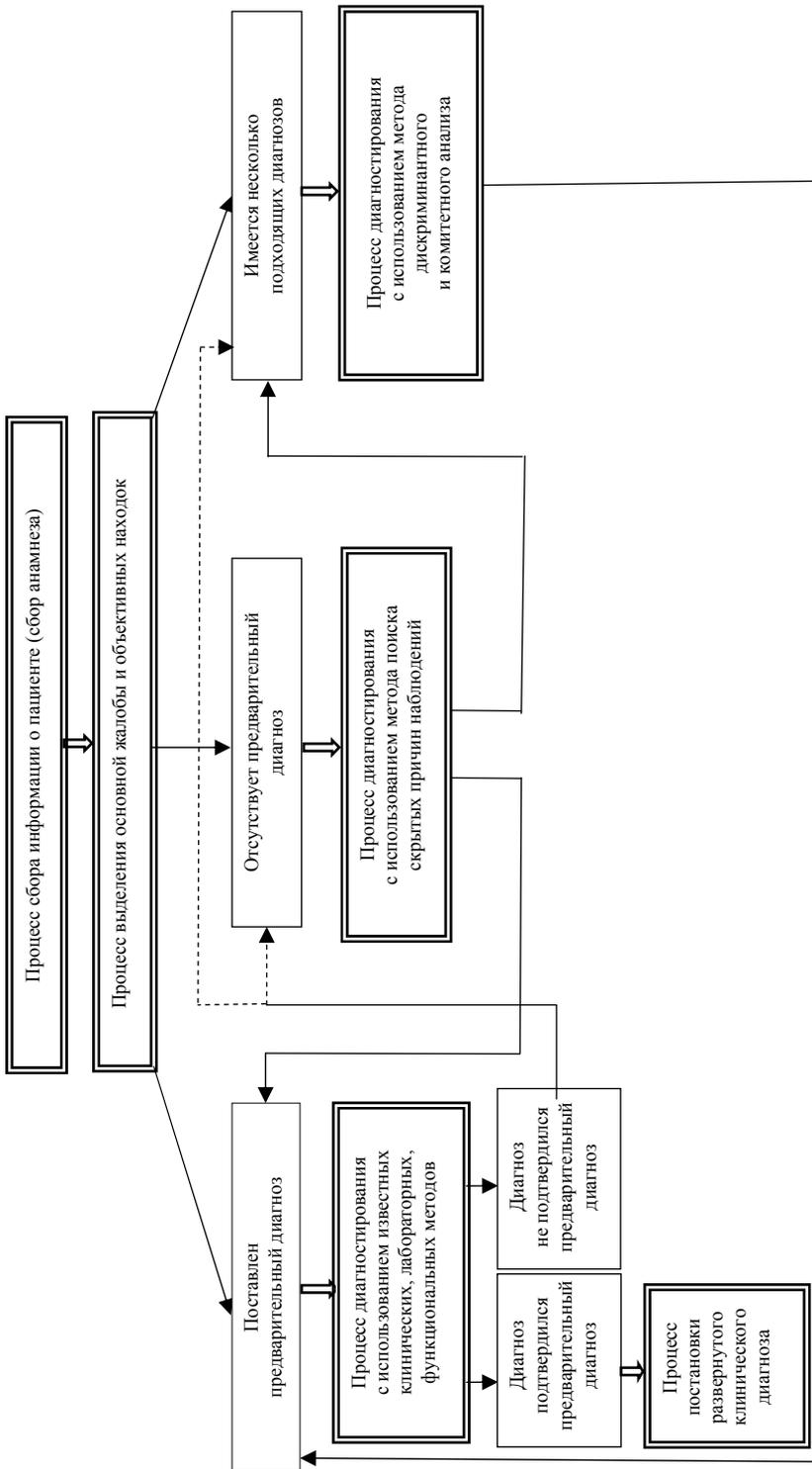


Рис. Алгоритм управления процессом диагностики заболевания

этапе может подтвердить предварительный диагноз, что позволит поставить развернутый окончательный клинический диагноз и уже назначить соответствующее лечение. В случае, если предварительный диагноз не подтверждается, мы оказываемся во второй или третьей ситуации.

2. Отсутствие предварительного диагноза. Подобная ситуация типична для процесса диагностирования и возникает не реже, чем остальные. Происходит это, как правило, из-за противоречивости, размытости или недостаточности собранных сведений, которые не соответствуют ни одному конкретному заболеванию, описанному в международной классификации болезней, в силу слишком общих симптомов. В этом случае необходимо продолжить диагностирование с помощью клинических, лабораторных, параклинических методов, но особенность состоит в том, что врач находится, по сути, в условиях неопределенности. Безусловно, простейшие анализы провести необходимо, но они могут не прояснить ситуацию, и в таком случае, как правило, и проявляется недостаточность методов диагностики. И подобная ситуация встречается не так редко, как может показаться на первый взгляд.

Врач вынужден назначать дорогостоящие клинические и лабораторные методы, которые часто не оправдывают себя и не дают никаких результатов, а приводят лишь к ухудшению (или в лучшем случае неухудшению) состояния пациента, увеличению стоимости затрат диагностирования и удорожанию лечения в целом. В конечном счете либо пациент долгое время остается без диагноза, что приводит к запуску болезни, а в дальнейшем и к трудностям ее лечения, либо к постановке неверного или несоответствующего международной классификации болезней диагноза ради заполнения отчетности. Подобное происходит и при постановке диагноза в случае головных болей [10]. Здесь можно применить предложенный авторами метод поиска скрытых причин наблюдений (латентный анализ), основанный на комитетном и дискриминантном анализе. После применения вышеуказанного метода будут выявлены новые характеристики болезни, при анализе которых можно будет поставить предварительный диагноз и мы окажемся в первой ситуации, либо несколько подходящих диагнозов, что соответствует третьей ситуации.

3. Наличие нескольких подходящих диагнозов. Такая ситуация возникает не так редко, как может показаться. Особенно это касается неврологических заболеваний, например головных болей, которых су-

существует порядка 200 видов [11], и для указания верного в большинстве случаев не существует инструментальных, функциональных и клинических методов. Возникает это, как правило, из-за противоречивых излишних сведений, которые соответствуют самым разным заболеваниям. Безусловно, данная ситуация для врача является лучшей, чем вторая, но именно на нее приходится наибольшая доля ошибок в диагностике. В этом случае используется метод дифференциальной диагностики, заключающийся в повторном опросе, осмотре пациента, изучении его истории болезни, назначении дополнительных клинических, функциональных и лабораторных анализов, которые в некоторых случаях являются избыточными и даже вредоносными для больного, а также увеличивают общую стоимость лечения болезни и, как правило, увеличивают издержки учреждения здравоохранения в целом. Более того, в результате после проведения дополнительных исследований, которые не дают ответа, врач вынужден либо вновь вернуться к исследованию всех факторов, либо, что чаще бывает, выбирает тот, который ему кажется наиболее подходящим или легко излечимым. Разрешить подобную ситуацию можно, используя методы дискриминантного анализа, которые позволят выяснить нужный диагноз с помощью отнесения факторов к тому или иному заболеванию. Однако часто здесь возникает ситуация, связанная с противоречивостью данных [12], которые не позволяют решить задачу дискриминантного анализа стандартными методами. В этом случае можно использовать актуальные математические методы, такие как деревья решений, метод опорных векторов, нейронные сети, но которые являются плохо интерпретируемыми [13] и сложны в восприятии, поэтому в статье [14] предложен метод комитетов, который усовершенствован авторами с целью снижения размерности задачи, способствующей сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний. Указанный метод позволяет устранить противоречивость данных и однозначно поставить диагноз, некоторые особенности которого впоследствии можно уже выявить путем иных стандартных клинических или инструментальных методов.

Таким образом, процесс диагностики нуждается в четком рациональном управлении, в третий этап которого авторы включают блок, связанный с методами комитетного и дискриминантного анализа. Использование указанных методов позволит быстрее поставить диагноз,

назначить, если необходимо, верные дополнительные инструментальные методы (либо, наоборот, отказаться от таковых), прописать адекватное лечение.

4. Полученные результаты

В итоге включения нового блока в алгоритм управления процессом диагностики с использованием усовершенствованных разработанных методов можно добиться следующих результатов:

1) улучшить качество оказания медицинской помощи за счет своевременной постановки диагноза, назначения верного лечения и достижения относительно быстрого выздоровления пациента, тем самым добившись основной задачи учреждения здравоохранения – сохранение здоровья и человеческой жизни;

2) снизить стоимость болезни за счет:

– сокращения затрат на диагностику, так как указанные методы позволяют не назначать ненужные дополнительные инструментальные и клинические исследования;

– уменьшения затрат на некорректно назначенные лекарственные средства в случае постановки неверного диагноза;

– уменьшения временных затрат врача на прием пациентов в силу быстрой постановки диагноза.

Указанный на рисунке процесс управления можно применять в любом медицинском учреждении для диагностики заболеваний. Особое внимание стоит уделить таким заболеваниям, которые можно диагностировать только по описательным факторам (из анамнеза), а инструментальные и лабораторные исследования в таких случаях не могут показать точную картину. Частным случаем таких заболеваний являются первичные головные боли [15], для которых предложенный в статье алгоритм оказывается весьма эффективным.

В связи с указанными предполагаемыми результатами внедрения методов дискриминантного и комитетного анализа в алгоритм управления оказанием медицинских услуг можно не только повысить качество медицинской помощи, но и увеличить эффективность управления учреждением здравоохранения в целом.

Также стоит отметить, что разработанный процесс управления можно использовать не только в учреждениях здравоохранения, но и в других организациях, связанных прямо или косвенно с диагностированием, в том

числе с техническим диагностированием. Процесс сбора информации в этом случае отличается от медицинской ситуации, также имеются различия в инструментальных, функциональных методах, но суть процесса такая же и включение нового блока, основанного на комитетном и дискриминантном анализе, будет также увеличивать эффективность управления предприятием за счет повышения качества диагностики.

Список литературы

1. Применение процессного подхода в системе управления качеством медицинской помощи / И.Ю. Бедорева, Т.Н. Садовая, А.В. Стрыгин, Т.А. Стрыгина // Хирургия позвоночника. – 2007. – № 4. – С. 62–72.
2. Голева О.И. Экономическая оценка потерь от инвалидизации населения в РФ: подходы и методы // Финансы: теория и практика. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 30–39.
3. Пытьев Ю.П., Газарян В.А., Росницкий П.Б. Сравнительный анализ эффективности вероятностного и возможностного алгоритмов медицинской диагностики // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2014. – № 3. – С. 8–14.
4. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации // Проблемы кибернетики. – 1978. – Вып. 33. – С. 59–100.
5. Черников С.Н. Свертывание конечных систем линейных неравенств // Доклады АН СССР. – 1963. – Т. 152, № 5. – С. 1075–1078.
6. Линейные неравенства и смежные вопросы: сб. ст.: с прил. книги С. Вайда «Теория игр и линейное программирование»: сб. переводов с англ. / под ред. Г.У. Куна, А.У. Таккера, Л.В. Канторовича, В.В. Новожилова. – М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 469 с.
7. Черников С.Н. Линейные неравенства. – М.: Наука, 1968. – 488 с.
8. Мазуров В.Д. Метод комитетов в задачах оптимизации и классификации. – М.: Наука, 1990. – 248 с.
9. Гилев Д.В. Комитетное решение и циклическая динамика противоречивой задачи выбора стратегии лечения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 9-1. – С. 356–361.
10. The Global Campaign, World Health Organization and lifting the burden: collaboration in action / T.J. Steiner, G.L. Birbeck, R. Jensen, Z. Katsarava, P. Martelletti, L.J. Stovner // The Journal of Headache and Pain. – 2011. – Vol. 12, № 3. – P. 273–274. DOI: 10.1007/s10194-011-0342-4
11. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The international classification of headache disorders 3rd edition // Cephalalgia. – 2018. – Vol. 38, iss. 1. – P. 1–211. DOI: 10.1177/0333102417738202

12. Мазуров В.Д. Распознавание образов как средство автоматического выбора процедуры в вычислительных методах // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1970. – Т. 10, № 6. – С. 1520–1525.

13. Кончевский Д.И. Комитет нейронных сетей с арбитром // Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов Международ. науч.-практ. конф., 23–24 октября 2014 г.: в 4 т. / Западно-Сибирский науч. центр; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – Т. 3. – С. 51.

14. Мазуров В.Д., Гилев Д.В. О сократимости комитета системы линейных неравенств // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 5–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.14529/ctcr160301>

15. Headache-attributed burden and its impact on productivity and quality of life in Russia: structured healthcare for headache is urgently needed / I. Ayzenberg, Z. Katsarava, A. Sborowski, M. Chernysh, V. Osipova, G. Tabeeva, T. J. Steiner // European Journal of Neurology. – 2014. – Vol. 21, iss. 5. – P. 758–765. DOI: 10.1111/ene.12380

References

1. Bedoreva I. Iu., Sadovaia T.N. Strygin A.V. Strygina T.A. Primenenie protsessnogo podkhoda v sisteme upravleniia kachestvom meditsinskoj pomoshchi [The Application of the process approach in the quality management system of medical care]. *Khirurgiia pozvonochnika*, 2007, no. 4, pp. 62-72.

2. Goleva O.I. Ekonomicheskaja otsenka poter' ot invalidizatsii naseleniia v RF: podkhody i metody [Economic Evaluation of Losses From Invalidism of the Population in Russia: Approaches and Methods]. *Finance: Theory and Practice*, 2017, vol. 21, no. 5, pp. 30-39. DOI: 10.26794/2587-5671-2017-21-5-30-39.

3. Pyt'ev Yu.P., Gazarian V.A., Rosnitskiy P.B. A comparative analysis of the efficiency of probabilistic and possibilistic algorithms for medical diagnostics. *Moscow University Physics Bulletin*, 2014, vol, 69, no. 3, pp. 210-217.

4. Zhuravlev Iu.I. Ob algebraicheskom podkhode k resheniiu zadach raspoznavaniia ili klassifikatsii [On the algebraic approach to solving recognition or classification problems]. *Problemy kibernetiki*, 1978, iss. 33, pp. 59-100.

5. Chernikov S.N. Svertyvanie konechnykh sistem lineinykh neravenstv [Convolution of finite systems of linear inequalities]. *Doklady Mathematics*. 1963, vol. 152, no. 5, pp. 1075-1078.

6. Linear inequalities and related systems. Ed. by H. W. Kuhn and A. W. Tucker. *Annals of Mathematics Studies*, no. 38, Princeton, Princeton University Press, 1956. 22+322 pp.

7. Chernikov S.N. Lineinye neravenstva [Linear inequalities]. Moscow, Nauka, 1968, 488 p.

8. Mazurov V.D. Metod komitetov v zadachakh optimizatsii i klassifikatsii [Method of committees in optimization and classification problems], Moscow, Nauka, 1990, 248 p.

9. Gilev, D.V. Komitetnoe reshenie i tsiklicheskaia dinamika protivorechivoi zadachi vybora strategii lecheniia [The committee's decision and the cyclical dynamics of conflicting objectives selection of treatment strategies]. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 2019, vol. 9, no. 9-1, pp. 356-361.

10. Steiner T.J., Birbeck G.L., Jensen R., Katsarava Z., Martelletti P., Stovner L.J. The Global Campaign, World Health Organization and lifting the burden: collaboration in action. *The Journal of Headache and Pain*, 2011, vol.12, no. 3, pp. 273-274.

11. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The international classification of headache disorders 3rd edition. *Cephalalgia*, 2018, vol. 38, iss. 1, pp. 1–211. – DOI: 10.1177/0333102417738202.

12. Mazurov V. D. Pattern recognition as a method of automatic choice of procedure in computational methods. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 1970, vol. 10, iss. 6, pp. 217-224. DOI: 10.1016/0041-5553(70)90193-X.

13. Konchevskii D.I. Komitet neuronnykh setei s arbitrom [Committee of neural networks with an arbiter]. Modern trends in the development of science and production: proceedings of the International scientific and practical conference. Kemerovo, Zapadno-Sibirskii nauchnyi tsentr, 2014, pp. 51.

14. Mazurov V. D., Gilev D. V. O sokratimosti komiteta sistemy lineinykh neravenstv [Cancellability of Committee Solution of Linear Inequalities System] *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2016, vol. 16, no. 3, pp. 5-14. DOI: 10.14529/ctcr160301.

15. Ayzenberg I., Katsarava Z., Sborowski A., Chernysh M., Osipova V., Tabeeva G., Steiner T.J. Headache-attributed burden and its impact on productivity and quality of life in Russia: structured healthcare for headache is urgently needed. *European Journal of Neurology*, 2014, vol. 21, iss. 5, pp. 758-765. DOI: 10.1111/ene.12380.

Статья получена: 31.09.2020

Статья принята: 16.11.2020

Сведения об авторах

Логиновский Олег Витальевич (Челябинск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Информационно-аналитическое обеспечение управления в социальных и экономических системах», Южно-Уральский государственный университет (454080, Челябинск, ул. Ленина, 76, e-mail: loginovskii@susu.ru).

Гилев Денис Викторович (Екатеринбург, Россия) – старший преподаватель кафедры «Экономика», Институт экономики и управления Уральского федерального университета (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19, e-mail: deni-gilev@narod.ru).

About the authors

Oleg V. Loginovsky (Chelyabinsk, Russian Federation) – Dr. Habil. in Engineering, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department Information and Analytical Support of Management in Social and Economic Systems, South Ural State University (76, Lenin st., Chelyabinsk, 454080, e-mail: loginovskiiiov@susu.ru).

Denis V. Gilev (Yekaterinburg, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Economics, Institute of Economics and Management, Ural Federal University (19, Mira st., Yekaterinburg, 620002, e-mail: deni-gilev@narod.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Логиновский, О.В. Совершенствование алгоритма управления оказанием медицинских услуг на основе комитетных методов / О.В. Логиновский, Д.В. Гилев. – DOI 10.15593/2499-9873/2020.4.07. – Текст: непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – № 4. – С. 105–120.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Логиновский О.В., Гилев Д.В. Совершенствование алгоритма управления оказанием медицинских услуг на основе комитетных методов // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – № 4. – С. 105–120. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.07

Цитирование статьи в references и международных изданиях:

Cite this article as:

Loginovskiy O.V., Gilev D.V. Improving the algorithm for managing the provision of medical services based on committee methods. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2020, no. 4, pp. 105-120. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.07 (in Russian)