

7. Rutkovskaya D., Pilinskiy M., Rutkovskiy L. *Neyronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Goryachaya liniya-Telekom Publ., 2013, pp. 157–168.
8. Chastikova V. A., Berezov M. Yu. Opredelenie optimalnykh parametrov funktsionirovaniya iskusstvennoy immunoj sistemy dlya resheniya zadachi obnaruzheniya polimorfnykh virusov [Determining the optimal functioning parameters of an artificial immune system to solve the problems of detecting polymorphic viruses]. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University], 2017, no. 128, pp. 430–440.
9. Chastikova V. A., Druzhinina M. A., Kekalo A. S. Issledovanie effektivnosti algoritma poiska kosyakov ryb v zadache globalnoj optimizatsii [A study of the effectiveness of a school of fish search algorithm in the global optimization problem]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 4.
10. Chastikova V. A., Mityugov A. I. Razrabotka i issledovanie modifitsirovannogo geneticheskogo algoritma dueley [Development and research of a modified genetic algorithm of duels]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern Scientific Technologies], Penza, no. 8, 2018, pp. 144–149.
11. Komar M., Sachenko A., Bezobrazov S., Golovko V. Intelligent cyber defense system using artificial neural network and immune system techniques. *Communications in Computer and Information Science*, 2017, pp. 36–38.
12. Mahalakshmi, Murugesan R. Optimization algorithm for minimizing the earliness/tardiness of automated guided vehicles using artificial immune system. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2017, vol. 12, no. 22, pp. 11913–11919.
13. Totok Ruki Biyanto, Henokh Yernias Fibriantoa, Gunawan Nugroha, Erny Listijorinib, Titik Budiatic, Hairul Hudad Duelist Algorithm: An Algorithm Inspired by How Duelist Improve Their Capabilities in a Duel. *Advances in Swarm Intelligence: 7th International Conference*, 2016, pp. 39–47.

УДК 004.852

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ПАЦИЕНТОМ СТАБИЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ¹

Статья поступила в редакцию 10.12.2019, в окончательном варианте – 24.12.2019.

Лошманов Вадим Игоревич, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, аспирант, e-mail: loshmanov.vadim17@gmail.com

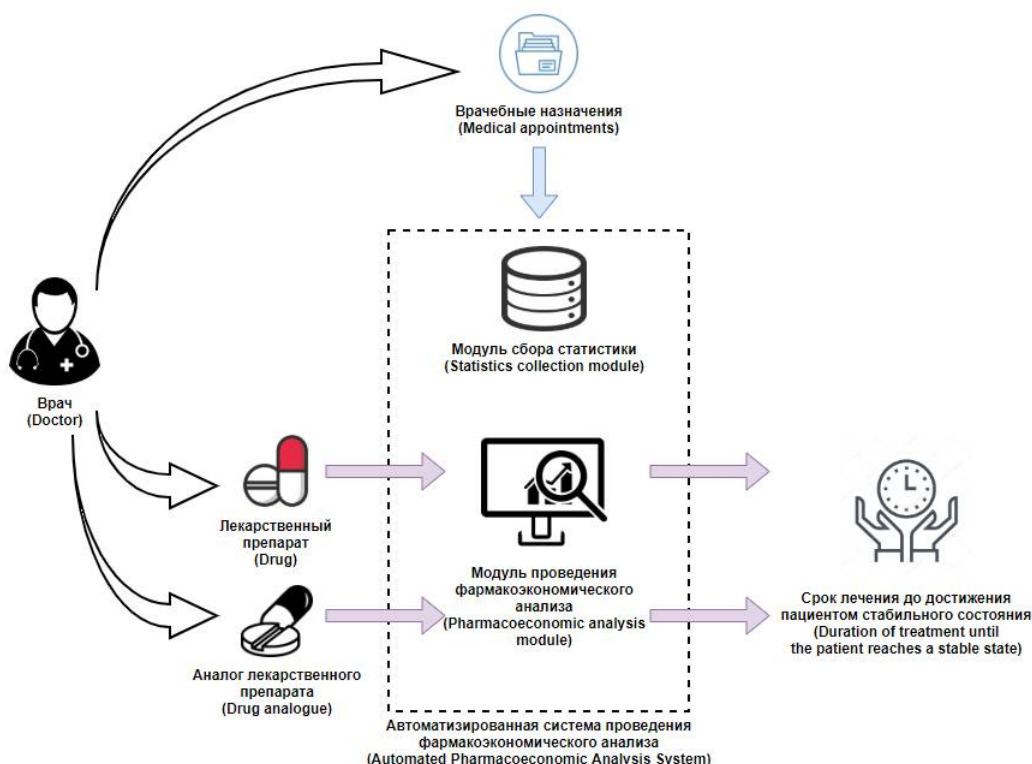
Кравец Алла Григорьевна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, доктор технических наук, профессор, e-mail: agk@gde.ru

В настоящее время существует огромное количество аналогов лекарственных препаратов. В связи с этим необходимо совершенствовать методы проведения фармакоэкономического анализа. В статье приведено обоснование необходимости автоматизации фармакоэкономического анализа и применения разработанной системы поддержки принятия решений при назначении врачом лекарственных средств, в процессе лечения пациентов. Целью настоящей статьи является верификация и оценка точности моделей прогнозирования, построенных с помощью системы поддержки принятия решений в процессе проведения фармакоэкономического анализа назначенных врачом лекарственных препаратов. В статье представлен алгоритм работы системы поддержки принятия решений проведения фармакоэкономического анализа, который основан на скорости достижения пациентом стабильного состояния в процессе лечения патологии. Расчет затрат на применение лекарств для достижения пациентом стабильного состояния позволит без проведения каких-либо исследований, лишь на основе существующей статистики, получить еще один критерий для сравнения препаратов-аналогов. В результате проведенного исследования получено сравнение показателей фармакоэкономического анализа, проведенного традиционным методом и с применением системы поддержки принятия решений проведения фармакоэкономического анализа.

Ключевые слова: фармакоэкономический анализ, прогнозирование, статистика, поддержка принятия решений, статистический анализ данных

¹ Исследование выполнено при поддержке Фонда содействия инновациям (УМНИК договор № 14254ГУ/2019) и РФФИ (грант № 19-07-01200).

Графическая аннотация (Graphical annotation)



FORECASTING THE TIMING OF DRUG USE TO ACHIEVE A STABLE PATIENT'S CONDITION¹

The article was received by the editorial board on 10.12.2019, in the final version – 24.12.2019.

Loshmanov Vadim I., Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: loshmanov.vadim17@gmail.com

Kravets Alla G., Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, e-mail: agk@gde.ru

Currently, there are a huge number of analogues of drugs. In this regard, it is necessary to improve the methods of pharmacoeconomic analysis. The article provides the rationale for the automation of pharmacoeconomic analysis and the application of the developed decision support system for prescribing drugs by a doctor in the treatment of patients. The purpose of this article is to verify and evaluate the accuracy of forecasting models built using the decision support system in the process of conducting pharmacoeconomic analysis prescribed by a doctor. The article presents the algorithm of the decision support system for conducting pharmacoeconomic analysis, which is based on the speed at which the patient reaches a stable state during the treatment of pathology. Calculation of the cost of using drugs to achieve a patient's stable state will allow, without conducting any research, only based on existing statistics, to obtain another criterion for comparing analogous drugs. As a result of the study, we obtained a comparison of pharmacoeconomic analysis indicators, conducted by the traditional method and using the decision support system for conducting pharmacoeconomic analysis.

Key words: pharmacoeconomic analysis, forecasting, statistics, decision support, statistical data analysis

Введение. В процессе прохождения пациентом лечения в медицинских учреждениях накапливается бесчисленное количество информации [4]. В истории болезни пациента фиксируются все изменения его состояния, назначенные лекарственные препараты, пройденные лечебные процедуры [5]. Данную информацию можно использовать при проведении фармакоэкономического анализа (ФА).

Существует четыре метода проведения ФА:

- анализ «Затраты – эффективность»;

¹ The study was supported by the Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises (UMNIK agreement No. 14254GU/2019) and the Russian Foundation for Basic Research (grant No.19-07-01200).

- анализ «Минимизация затрат»;
- анализ «Затраты – полезность»;
- анализ «Затраты – выгода».

Каждый из этих методов позволяет рассчитать те или иные критерии оценки лекарственных препаратов без учета специфики конкретного случая [3].

Существующую статистику применения лекарств можно использовать для построения прогноза его влияния на пациента в процессе лечения какого-либо заболевания. Выделив основные показатели состояния больного и обучив модель прогнозирования, можно оценить эффективность применения препарата в условиях текущего протекания заболевания.

Цель работы. Целью настоящей работы является поддержка принятия решения врачами при назначении лекарственных препаратов с точки зрения их эффективности и стоимости в сравнении с аналогами на основе методов статистического анализа. Для построения модели прогнозирования изменения состояния пациента в ходе лечения выбран метод случайных лесов. В результате построена модель прогнозирования сроков применения лекарственных препаратов «Кардиомагнил» и «Тромбо АСС» с использованием языка R и среды RStudio. Далее расчеты затрат на достижение пациентом стабильного состояния сравниваются с результатами исследования Д. Ю. Белоусова и соавт., 2015 г. [1], в рамках которого был проведен ФА исследуемых препаратов.

Поддержка принятия решений при проведении ФА лекарственных препаратов. В результате формализованного анализа историй болезни пациента удалось выявить показатели состояния здоровья пациента, которые фиксируются врачами в процессе лечения. При оценке эффективности применения лекарственного препарата основной характеристикой является изменение состояния пациента относительно начального в процессе развития какой-либо патологии. Также немаловажным аспектом является проявление побочных действий используемого лекарства. Если препарат уже прошел клинические испытания, то его побочные действия известны, и их проявление можно отследить, фиксируя изменение показателя состояния пациента, которое будет являться маркером [9, 10].

Разработанная система поддержки принятия решений при проведении ФА представляет модульную структуру (рис. 1). Включает в себя два модуля:

- модуль сбора статистики динамического наблюдения за пациентами (модуль сбора статистики);
- модуль прогнозирования необходимых сроков применения лекарственных препаратов для достижения пациентом стабильного состояния (модуль прогнозирования).

Модуль сбора статистики динамического наблюдения за пациентами предназначен для формирования обучающей выборки, на основе которой будет проводиться обучение модели прогнозирования (рис. 2, 3). Выборка содержит в себе:

- общую информацию о пациенте (пол, возраст, диагноз);
- данные по динамическому наблюдению за пациентом;
- лист врачебных назначений.

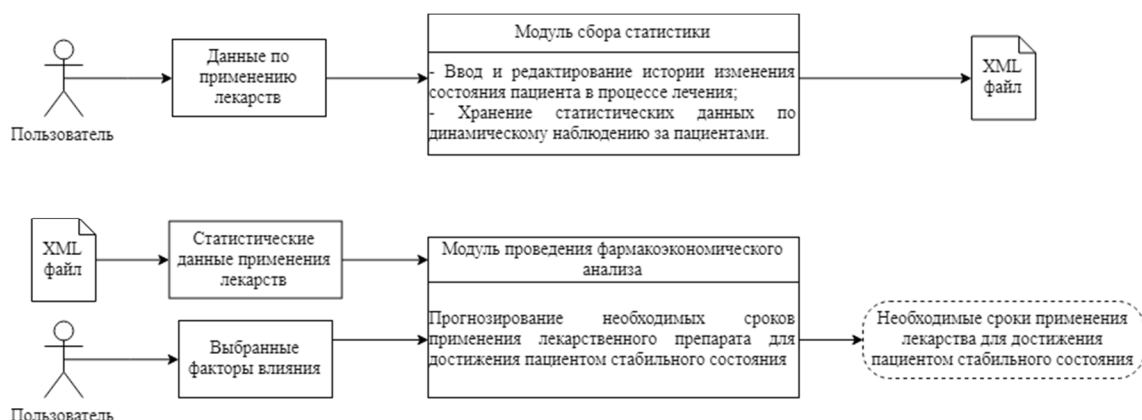


Рисунок 1 – Архитектура комплексной автоматизированной системы проведения ФА

Данные по динамическому наблюдению – это ежедневное фиксирование набора характеристик, описывающих состояние пациента, следить за которыми необходимо в соответствии с установленным диагнозом.

Лист врачебных назначений – список назначенных лекарств в рамках лечения конкретного пациента. Содержит в себе информацию о названии лекарственных препаратов, их дозировке

и о его сроке приема. Исходя из дозировки в последующем, будут рассчитываться затраты на прием исследуемого лекарства.

	Пол	Возраст	Диагноз	Дата поступления	Дата выписки
▶	Мужской	55	ИБС. Нестабильная стенокардия	12.05.2017	26.05.2017
	Женский	85	ИБС. Нестабильная стенокардия	12.05.2017	26.05.2017
	Мужской	66	ИБС. Повторный инфаркт миокарда	26.04.2017	10.05.2017
	Мужской	75	ИБС. Повторный инфаркт миокарда	24.04.2017	05.05.2017
	Женский	65	ИБС. Нестабильная стенокардия	10.05.2017	20.05.2017
	Мужской	57	ИБС. Нестабильная стенокардия	02.05.2017	12.05.2017
	Мужской	45	ИБС. Инфаркт миокарда	11.05.2017	22.05.2017
	Женский	61	ИБС. Нестабильная стенокардия	12.05.2017	26.05.2017
	Мужской	69	ИБС. Инфаркт миокарда	10.05.2017	20.05.2017
	Женский	61	ИБС. Повторный инфаркт миокарда	20.04.2017	10.05.2017
	Женский	61	ИБС. Постинфарктный кардиосклероз	28.04.2017	12.05.2017
	Мужской	32	ИБС. Инфаркт миокарда	24.04.2017	10.05.2017
	Мужской	64	ИБС. Повторный инфаркт миокарда	29.06.2017	12.07.2017
	Мужской	50	ИБС. Нестабильная стенокардия	21.06.2017	04.07.2017
	Женский	64	ИБС. Инфаркт миокарда	23.06.2017	04.07.2017

Buttons: Загрузка, Сформировать выборку, Информация, Добавить пациента

Рисунок 2 – Главное окно модуля сбора статистики

Информация о пациенте

Пол: ☒ Мужской ☐ Женский

Возраст: 55

Дата поступления: 12 мая 2017 г.

Дата выписки: 26 мая 2017 г.

Диагноз: ИБС. Нестабильная стенокардия

Лист врачебных назначений

Название	Доза	Количество дней приема
▶ Престариум	2.5 мг / 1 раз в день	14
Аторис	15 мг / 1 раз в день	14
Ацекардол	100 мг / 1 раз в день	14
Кавинтон	100 мг / 1 раз в день	14
Милдронат	500 мг / 1 раз в день	14
Карведилол	6.75 мг / 1 раз в день	14

Добавить

Динамическое наблюдение

Дата осмотра	Состояние пациента	Дыхание	Сердце	Пульс	Артериальное давление	Печень	Отеки
▶ 16.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	60	126 на 80		Нет
17.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	62	130 на 80		Нет
18.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	60	120 на 90		Нет
19.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	62	130 на 80		Нет
22.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	66	120 на 70		Нет
23.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	70	150 на 90		Нет
24.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	68	140 на 90		Нет
25.05.2017	Средней тя...	Везикулярн	Ритмичные	66	130 на 80		Нет
26.05.2017	Удовлетво...	Везикулярн	Ритмичные	60	130 на 100		Нет

Добавить

Сохранить

Рисунок 3 – Заполнение информации о пациенте

Модуль прогнозирования (рис. 4) необходимых сроков применения лекарственных препаратов для достижения пациентом стабильного состояния предназначен для обучения модели на основе статистических данных, с помощью которой строится прогноз продолжительности лечения, в результате которого состояние пациента должно стабилизироваться. Обучение модели происходит на основе статистики применения выбранного препарата в процессе лечения выбранного заболевания. Выборка формируется в модуле сбора статистики в файле формата *.csv и далее используется для обучения модели в модуле прогнозирования.

Фармакоэкономический анализ

Меню

Анализ

Количество дней до выздоровления: [1] 6.875855

Выбрать диагноз

ИБС. Ишемический инсульт

Выбрать лекарственный препарат

Аторвастатин

Построить прогноз

Рисунок 4 – Построение прогноза необходимого срока применения препарата

Материалы и методы. Устоявшиеся методы проведения ФА в большинстве своем оценивают соотношение затраты – эффективность применения лекарственных препаратов с точки зрения полного прохождения курса их приема. Зачастую эффект от препаратов достигается намного раньше, чем заканчивается курс лечения. Если найти период приема лекарства до достижения пациентом стабильного состояния, можно точнее рассмотреть показатели затрат со стороны эффективности применения тех или иных препаратов. При имеющейся базе знаний использования препарата в процессе лечения пациентов, которая учитывает изменение их состояния, используя статистические методы построения моделей прогнозирования можно получить достаточно точный показатель времени применения лекарства для возможного перехода пациента из текущего состояния в то, которое, по мнению экспертов, будет являться стабильным [11, 12].

Проведем эксперимент и сравним результаты расчетов затрат на применение двух препаратов ацетилсалициловой кислоты, являющихся аналогами («Кардиомагнил» и «Тромбо АСС»), у больных в возрасте от 60-ти лет, страдающих ишемической болезнью сердца (ИБС). Эксперимент будет проводиться в несколько этапов.

1. Сбор статистических данных по динамическому наблюдению за больными, страдающими ИБС, которым были назначены исследуемые препараты. Записи об изменении состояния пациентов были собраны из историй болезни кардиологических отделений больниц Волгоградской области. В процессе наблюдения за больным фиксировались следующие показатели его состояния (рис. 5):

- описание общего состояния пациента (удовлетворительное, средней тяжести, стабильное и т.д.);
- дыхание (везикулярное, жесткое);
- тоны сердца (ритмичные, аритмичные);
- наличие жалоб;
- наличие хрипов в легких;
- пульс;
- артериальное давление;
- наличие шумов в сердце;
- наличие отеков.

21.04.17г 19.00 Жалобы: остается чувство тяжести, ночь провел спокойно
STATUS PRAESENS: Общее состояние средней тяжести. Кожные покровы чистые, обычной окраски. Периферические лимфоузлы не увеличены. Грудная клетка обычной формы. Перкуторно – легочный звук. Аускультативно – дыхание везикулярное, хрипов не выслушивается. ЧД = 18 в мин. Тоны сердца – приглушены, ритмичные. ЧСС = 69 уд в мин. АД – 120/75 мм.рт. ст. Живот мягкий, безболезненный при глубокой пальпации. Печень – край по правой реберной дуге по среднеключичной линии. По Курлову 10х9х8см. Селезенка – не пальпируется. Поясничная область визуально не изменена. Пальпация почек безболезненная, пальпаторно не определяются. Симптом поколачивания (-), (-) билатерально. Отеков нет.
Терапия плановая.

Рисунок 5 – Запись динамического наблюдения за пациентом

2. Подготовка обучающей выборки на основе полученных данных.
 3. Построение модели прогнозирования с учетом известных факторов влияния на состояние пациента. Методом построения модели был выбран метод случайных лесов [6, 7].
 4. Обучение модели прогнозирования.
 5. Построение прогнозного значения сроков применения пациентом лекарственного препарата для достижения стабильного состояния. Стабильное состояние было представлено в следующем виде: состояние пациента – стабильное, дыхание – везикулярное, тоны сердца – ритмичные, жалобы отсутствуют, хрипов нет, пульс около 70, артериальное давление 120 на 80, шумов нет, отеков нет.
 6. Расчет затрат на применение препаратов «Кардиомагнил» и «Тромбо АСС» до достижения пациентом стабильного состояния.
 7. Сравнение полученных результатов с результатами проведения ФА в исследовании Д.Ю. Белоусова и соавт., 2015 г. [1].
- В результате использования модуля сбора данных по динамическому наблюдению за пациентами формируется обучающая выборка (рис. 6), которая используется далее при построении модели прогнозирования.

Дата поступления	Дата выписки	Возраст	Пол	Диагноз	Динамическое наблюдение										Лечебное назначение				
					Дата осмотра	Состояние пациента	Жалобы	Дыхание	Хрипы	Тоны сердца	Тоны сердца 2	Пульс	АД верхнее	АД нижнее	Шумы	Отеки	Название препарата	Доза	В день
12.05.2017	26.05.2017	55	Мужской	ИБС. Нестабильная стенокардия	16.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	60	126	80	Нет	Нет	ПРЕСТАВИН	2,5	1
					17.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	62	130	80	Нет	Нет	Аторис	15	1
					18.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	60	120	90	Нет	Нет	Ацекардол	100	1
					19.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	62	130	80	Нет	Нет	Кавинтон	100	1
					22.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	66	120	70	Нет	Нет	Микролат	500	1
					23.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	70	150	90	Нет	Нет	Карведилол	6,75	1
					24.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	68	140	90	Нет	Нет	Лориста	2,5	1
					25.05.2017	Средней тяжести	Нет	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	66	130	80	Нет	Нет			
					26.05.2017	Удовлетворительное	Нет	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	60	130	100	Нет	Нет			
					12.05.2017	26.05.2017	85	Женский	ИБС. Нестабильная стенокардия	16.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	78	130	75
17.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	64	110	75	Нет	Нет	Ацекардол	200	1
18.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	70	130	75	Нет	Нет	Индапамид	1,5	1
19.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	70	130	75	Нет	Нет	ПРЕСТАВИН	2,5	1
20.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	78	140	75	Нет	Нет	Мексидол	100	1
22.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	78	130	80	Нет	Нет	Амлодипин	2,5	1
23.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	72	130	90	Нет	Нет	Прадакса	110	2
24.05.2017	Средней тяжести	Нет	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	68	125	70	Нет	Нет	Омепразол	20	2
25.05.2017	Удовлетворительное	Нет	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	61	120	70	Нет	Нет			
26.05.2017	Удовлетворительное	Нет	Везикулярное	Нет						Приглушены	Ритмичные	64	120	75	Нет	Нет			
26.04.2017	10.05.2017	66	Мужской	ИБС. Повторный инфаркт миокарда	26.04.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	72	130	90	Нет	Нет	Верошпирон	25	1
					27.04.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	58	145	90	Нет	Нет	Бриллинта	90	2
					28.04.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	68	130	90	Нет	Есть	Ацекардол	50	1
					02.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	50	145	80	Нет	Есть	Аторвастатин	30	1
					03.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	58	120	80	Нет	Есть	Амлодипин	5	1
					04.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	60	125	80	Нет	Нет	Колидазол	75	1
					05.05.2017	Средней тяжести	Есть	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	62	120	90	Нет	Нет	Бисопролол	5	1
					10.05.2017	Удовлетворительное	Нет	Везикулярное	Нет	Приглушены	Ритмичные	60	110	80	Нет	Нет			

Рисунок 6 – Пример выборки динамического наблюдения за пациентами с ИБС

Описание общего алгоритма работы автоматизированной системы проведения фармако-экономического анализа. Результат работы системы зависит от грамотного использования обеих ее модулей. Последовательность действий, которые выполняет система, показана на рисунке 7.

После сбора необходимого объема статистики применения исследуемой методики лечения пациентов формируется обучающая выборка в формате *.csv. Она получается в процессе работы пользователя с модулем сбора статистики по динамическому наблюдению за пациентами. Далее обучающая выборка поступает на вход модуля прогнозирования необходимых сроков применения лекарственных препаратов для достижения пациентом стабильного состояния. При этом пользователь заполняет характеристики состояния пациента, которые, по его мнению или по мнению экспертов, описывают стабильное состояние при протекании исследуемого заболевания. По запросу пользователя система проводит построение модели прогнозирования и выводит результат, а именно срок необходимого приема лекарственного препарата, достаточного для получения положительной динамики лечения.

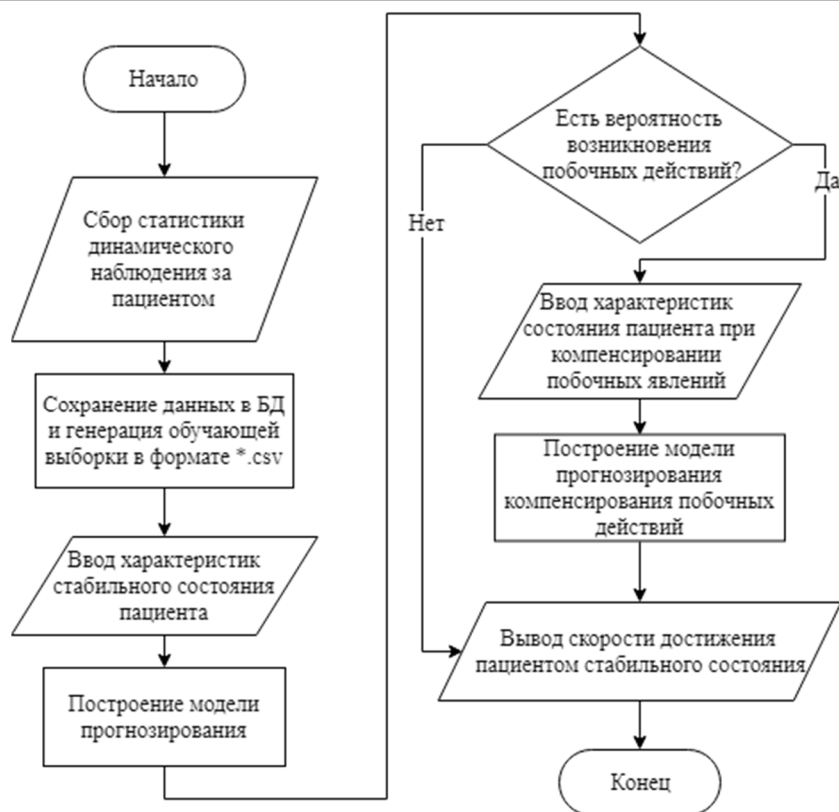


Рисунок 7 – Общий алгоритм работы в программе

Верификация и проверка точности построенных моделей прогнозирования. Для проведения данного эксперимента были взяты две обучающие выборки. Первая состоит из 250 записей динамического наблюдения за пациентами с ИБС, которым был назначен препарат «Кардиомагнил». Вторая – из 250 записей динамического наблюдения за пациентами с ИБС, которым был назначен препарат «Тромбо АСС». По каждой из выборок построены модели прогнозирования срока применения лекарственного средства и рассчитаны затраты на их приобретение. Полученные результаты сравниваются с результатами проведения ФА в исследовании Д.Ю. Белоусова и соавт., 2015 г. [1]. Во избежание возникновения расхождений из-за изменения цены на препараты в эксперименте при расчете затрат будут использованы цены, указанные на момент проведения исследования [1], а именно на 2014 г. (стоимость суточной дозы «Кардиомагнил» составляет 3,46 руб./сут, а «Тромбо АСС» – 2,05 руб./сут. [1]).

Исходя из сравнительного клинического исследования, проведенном Э.П. Яковенко и соавт. [2], в рамках которого была выявлена частота развития желудочных диспепсических расстройств и эрозивно-язвенных поражений слизистой оболочки желудка, необходимо сделать поправку при построении прогноза на возможность развития описанных выше побочных явлений. Таким образом, в конечном состоянии пациента необходимо указать то, что с вероятностью 30 % («Кардиомагнил») и 55 % («Тромбо АСС») возможно появление жалоб по ЖКТ.

Далее строится третья модель прогнозирования для расчета затрат на покрытие побочных явлений по каждому препарату [8]. Для коррекции побочных эффектов у пациентов при применении обоих лекарственных средств будет использоваться «Омепразол» (основанием для выбора данного препарата является то, что во всех записях обучающей выборки, участвующей в эксперименте для покрытия побочных явлений, связанных с ЖКТ, использовался именно он). Для третьей модели будет использоваться обучающая выборка размером 300 записей динамического наблюдения за пациентами. Сравнение результатов расчетом затрат на применение двух лекарственных средств приведено в таблице.

Таблица – Сравнение результатов эксперимента

Исследуемые лекарственные препараты		Расчеты эксперимента	Расчеты в исследовании [1]
«Кардиомагнил»	Затраты на препарат	328 сут. * 3,46 руб./сут. = 1134,88 руб.	1264,51 руб.
	Коррекция побочных явлений	30% * 98,27 руб./сут. * 27 сут. = 795,99 руб.	884,40 руб.
«Тромбо АСС»	Затраты на препарат	371 сут. * 2,05 руб./сут. = 760,55 руб.	747,12 руб.
	Коррекция побочных явлений	55% * 98,27 руб./сут. * 27 сут. = 1459,30 руб.	1621,39 руб.

Результаты и обсуждение. Результаты эксперимента показывают, что при проведении ФА лекарственных препаратов с использованием исследуемого метода полученные показатели затрат незначительно отличаются от устоявшихся методов. В свою очередь исследуемый метод позволяет получить стоимость достижения стабильного состояния пациента, не прибегая к излишней организации клинических испытаний. Данные, используемые для обучения модели прогнозирования были сформированы из историй болезни около 50-ти пациентов, которые проходили лечение в течение 3-х месяцев. В то же время в статье [1] ФА проводился в условиях наблюдения за 132 пациентами в течение одного года. Одинаковые результаты удалось получить, потратив в 4 раза меньше времени, без учета того, что они являются архивными, т.е. нет необходимости проводить какие-либо исследовательские мероприятия.

Выводы. Оценка сроков применения лекарств для достижения пациентом стабильного состояния позволяет получить критерий сравнения препаратов, являющихся аналогами как с точки зрения затрат на их приобретение, так и со стороны эффективности их использования. В то же время этот критерий доступен без проведения каких-либо исследовательских мероприятий, что ведет за собой экономию времени и денежных средств. Но данный метод проведения ФА применим лишь для препаратов, которые уже прошли клинические испытания и широко используются в медицинской практике. И сложность в получении данного критерия заключается только в сборе и обработке статистики изменения состояния пациентов при применении исследуемого лекарства.

Библиографический список

1. Белоусов Д. Ю. Анализ «минимизации затрат» применения препаратов ацетилсалициловой кислоты у кардиологических пациентов пожилого возраста / Д. Ю. Белоусов, Е. В. Афанасьева // Качественная клиническая практика. – 2015. – № 1.
2. Яковенко Э. П. Влияние препаратов ацетилсалициловой кислоты на морфофункциональное состояние слизистой оболочки желудка у кардиологических пациентов пожилого возраста / Э. П. Яковенко, Л. П. Краснотелова, А. В. Яковенко, Н. А. Агафонова, А. Н. Иванов, Е. А. Богомолова, Ю. Ю. Павлова, А. С. Прянишникова // Сердце: журнал для практикующих врачей. – 2013. – Т. 12, № 3 (71). – С. 145–150.
3. Ягудина Р. И. Основы фармакоэкономического анализа / Р. И. Ягудина, Р. С. Скулкова // Вестник НЦЭСМП. – 2011. – № 2.
4. Orudjev N. Y. Computer – Based visual analysis of ecology influence on human mental health / N. Y. Orudjev, M. B. Lempert, I. Osaulenko, N. A. Salnikova, A. A. Kuzmichev, A. G. Kravets // 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (Greece, 13–15 July 2016) / Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). – 2016. – DOI: 10.1109/IISA.2016.7785416. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7774711>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
5. Kravets A. G. The Development of Medical Diagnostics Module for Psychotherapeutic Practice / A. G. Kravets, O. Poplavskaya, L. Lempert, N. Salnikova, I. Medintseva // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Second Conference, CIT&DS 2017 (Volgograd, Russia, September 12–14, 2017) : Proceedings / ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, Peter Groumpos ; Volgograd State Technical University [et al.]. – Germany : Springer International Publishing AG, 2017. – P. 872–883. – (Ser. Communications in Computer and Information Science ; vol. 754).
6. Shcherbakov M. V. A Survey of Forecast Error Measures / M. V. Shcherbakov, A. Brebel's, N. L. Shcherbakova, A. P. Tyukov, T. A. Yanovskiy, V. A. Kamaev // World Applied Sciences Journal (WASJ). – 2013. – Vol. 24, spec. issue 24 : Information Technologies in Modern Industry, Education & Society. – P. 171–176.
7. Al-Gunaid M. A. Analysis of Drug Sales Data based on Machine Learning Methods / M. A. Al-Gunaid, M. V. Shcherbakov, A. G. Kravets, V. I. Loshmanov, A. M. Shumkin, V. N. Trubitsin, D. V. Vakulenko // 7th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART–2018, IEEE Conference ID: 44078) (23rd–24th November, 2018) : Proceedings / ed. by Rakesh Kumar Dwivedi ; College of Computing Sciences & Information Technology, Teerthanker Mahaveer University (Moradabad, UP, India), IEEE UP Section. – New Delhi, 2018. – P. 32–38.
8. Kravets A. G. Model of medicines sales forecasting taking into account factors of influence / A. G. Kravets, M. A. Al-Gunaid, V. I. Loshmanov, S. S. Rasulov, L. B. Lempert // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. –

Vol. 1015. – 8 p. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032073/pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

9. Sherri R. Machine Learning for Prediction in Electronic Health Data / R. Sherri // *JAMA Network Open*. – 2018. – № 1 (4). – DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.1404.

10. Crown W. H. Potential application of machine learning in health outcomes research and some statistical cautions / W. H. Crown // *Value in Health*. – 2015. – Vol. 18. – P. 137–140. – DOI: 10.1016/j.jval.2014.12.005.

11. Chen Y. Precision Health Economics and Outcomes Research to Support Precision Medicine: Big Data Meets Patient Heterogeneity on the Road to Value / Y. Chen, G. F. Guzauskas, G. M. Chengming, B. C. Wang, W. E. Furnback, X. Guotong, P. Dong, L. P. Garrison // *Journal of Personalized Medicine*. – 2016. – Vol. 6, № 20. – DOI: 10.3390/jpm6040020.

12. Doupe P. Machine Learning for Health Services Researchers / P. Doupe, J. Faghmous, S. Basu // *Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*. – 2019. – Vol. 22 (7). – P. 808–815. – DOI: 10.1016/j.jval.2019.02.012.

References

1. Belousov D. Y., Afanaseva E. V. Analiz «minimizatsii zatrat» primeneniya preparatov atsetilsalitsilovoy kisloty u kardiologicheskikh patsientov pozhilogo vozrasta [Analysis of "minimizing costs" of the use of acetylsalicylic acid preparations in elderly cardiologists patients]. *Kachestvennaya klinicheskaya praktika* [Good Clinical Practice], 2015, no. 1.

2. Yakovenko E. P., Krasnolobova L. P., Yakovenko A. V., Agafonova N. A., Ivanov A. N., Bogomolova E. A., Pavlova Y. Y., Pryanishnikova A. S. Vliyaniye preparatov atsetilsalitsilovoy kisloty na morfofunktsionalnoe sostoyaniye slizistoy obolochki zheludka u kardiologicheskikh patsientov pozhilogo vozrasta [The effect of acetylsalicylic acid preparations on the morphofunctional state of the gastric mucosa in elderly cardiologists patients]. *Serdtshe: zhurnal dlya praktikuyushchikh vrachey* [Heart: A Journal for Practitioners], 2013, vol. 12, no. 3 (71), pp. 145–150.

3. Yagudina R. I., Skulkova R. S. Osnovy farmakoekonomicheskogo analiza [Fundamentals of pharmacoeconomic analysis]. *Vedomosti SCEEMP* [Journal SCEEMP], 2011, no. 2.

4. Orudjev N. Y., Lempert M. B., Osaulenko I., Salnikova N. A., Kuzmichev A. A., Kravets A. G. Computer – Based visual analysis of ecology influence on human mental health. *7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA) (Greece, 13–15 July 2016). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, 2016. DOI: 10.1109/IISA.2016.7785416. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7774711>.

5. Kravets A. G., Poplavskaya O., Lempert L., Salnikova N., Medintseva I. The Development of Medical Diagnostics Module for Psychotherapeutic Practice. Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. *Second Conference, CIT&DS 2017 (Volgograd, Russia, September 12–14, 2017) : Proceedings ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, Peter Groumpos: Volgograd State Technical University [et al.]*. Germany, Springer International Publishing AG, 2017, pp. 872–883. (Ser. Communications in Computer and Information Science ; vol. 754).

6. Shcherbakov M. V., Brebel's A., Shcherbakova N. L., Tyukov A. P., Yanovskiy T. A., Kamaev V. A. A Survey of Forecast Error Measures. *World Applied Sciences Journal (WASJ)*, 2013, vol. 24, spec. issue 24 : Information Technologies in Modern Industry, Education & Society, pp. 171–176.

7. Al-Gunaid M. A., Shcherbakov M. V., Kravets A. G., Loshmanov V. I., Shumkin A. M., Trubitsin V. N., Vakulenko D. V. Analysis of Drug Sales Data based on Machine Learning Methods. *7th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART-2018, IEEE Conference ID: 44078) (23rd–24th November, 2018) : Proceedings ed. by Rakesh Kumar Dwivedi ; College of Computing Sciences & Information Technology, Teerthankar Mahaveer University (Moradabad, UP, India), IEEE UP Section*. New Delhi, 2018, pp. 32–38.

8. Kravets A. G., Al-Gunaid M. A., Loshmanov V. I., Rasulov S. S., Lempert L. B. Model of medicines sales forecasting taking into account factors of influence. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015. 8 p. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032073/pdf>.

9. Sherri R. Machine Learning for Prediction in Electronic Health Data. *JAMA Network Open*, 2018, no. 1 (4). DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.1404.

10. Crown W. H. Potential application of machine learning in health outcomes research and some statistical cautions. *Value in Health*, 2015, vol. 18, pp. 137–140. DOI: 10.1016/j.jval.2014.12.005.

11. Chen Y., Guzauskas G. F., Chengming G. M., Wang B. C., Furnback W. E., Guotong X., Dong P., Garrison L. P. Precision Health Economics and Outcomes Research to Support Precision Medicine: Big Data Meets Patient Heterogeneity on the Road to Value. *Journal of Personalized Medicine*, 2016, vol. 6, no. 20. DOI: 10.3390/jpm6040020.

12. Doupe P., Faghmous J., Basu S. Machine Learning for Health Services Researchers. *Value in Health. The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 2019, vol. 22 (7), pp. 808–815. DOI: 10.1016/j.jval.2019.02.012.