

УДК 004.75

Н.В. Веселкова, главный нефролог г. Севастополя,**А.В. Скатков, профессор, д-р техн. наук,****Д.Ю. Воронин, аспирант***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, СевНТУ, Севастополь, Украина, 99053**E-mail: dima@voronins.com***АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ НЕФРОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА**

Рассматриваются основные вопросы, связанные с построением диспетчерских сервисов, ориентированных на обработку медицинской информации. Проведен системотехнический анализ основных этапов медицинских исследований в нефрологическом отделении. Намечены пути повышения качества вычислительного обслуживания пациентов.

Ключевые слова: медицинская информационная система, управление нагрузкой, критический путь, сетевой анализ проектов, распределенная система, моделирование.

Широкое использование распределенных вычислений в качестве опорного средства большинства информационных технологий в здравоохранении, а также стремительно растущие требования к обеспечению гарантоспособности вычислительных сервисов, резко обострили проблему эффективного управления нагрузкой при обработке и передаче результатов медицинских исследований [1]. Необходимо отметить, что в общем виде эта задача достаточно сложна и приводит к графовым отображениям, сводимым к многостадийной задаче составления расписаний и многоиндексной оптимизационной задаче булевского программирования [2, 3]. В этом контексте актуальным является разработка и внедрение подхода, позволяющего на основании складывающейся информационной ситуации и системотехнической информации о стадиях медицинского исследования провести реорганизацию вычислительного процесса таким образом, чтобы качество обслуживания пациентов в медицинских информационных системах (МИС) существенным образом повысилось.

Основой функциональной составляющей МИС является совокупность действий, направленных на передачу и обработку медицинской информации. Сформулируем технические требования к МИС.

1. МИС имеет иерархическую структуру с множеством подсистем, среди которых следует особо выделить подсистему обработки информации, управляющие воздействия для которой формируют диспетчерские сервисы по управлению нагрузкой в МИС.

2. МИС одновременно обрабатывает данные медицинских исследований множества пациентов, и от качества организации вычислительного процесса зависит количество осложнений у пациентов, а в некоторых случаях – и их жизнь.

3. Алгоритмическая схема лечения больного в нефрологическом отделении изображена на рисунке 1. Проанализировав приведенную схему, можно сделать вывод о том, что наиболее итеративным и ответственным (с вычислительной точки зрения) является процесс получения и сбора результатов медицинских исследований.

4. Перечень основных медицинских исследований пациентов нефрологического отделения получен при помощи группы квалифицированных экспертов, врачей-нефрологов городской больницы №1. В таблице 1 приведены различные сроки выполнения каждого исследования. Данные для оптимистического и пессимистического случая обработки медицинских данных были получены в результате статистической обработки информации, полученной от врачей-экспертов в данной области. В частности, оптимистический срок обработки данных характерен для случая, когда в МИС рассматриваемое исследование текущего пациента имеет наивысший приоритет, т.е. необходимые вычислительные ресурсы доступны в полной мере и срок выполнения исследования регламентируется только особенностью проводимого исследования. Пессимистический срок характерен для случая крайней нехватки вычислительных ресурсов в МИС: эквивалентно случаю, когда обработка и передача результатов исследований не подвергалась автоматизации. Ожидаемый и фактический срок получены средствами [4, 5].

5. Рассмотренное множество медицинских исследований образует пакет вычислительных заданий для МИС, между заданиями пакета имеется строгая последовательно-иерархическая зависимость (его информационная структура приведена на рисунке 2). Направленные дуги представляют собой отношение предшествования между заданиями пакета. Прямоугольники соответствуют заданиям пакета. На рисунках 3, 4 при помощи программного средства Microsoft Project [4] построены диаграммы Ганта и отмечены критические пути для оптимистического и пессимистического случаев обработки медицинской информации в МИС.

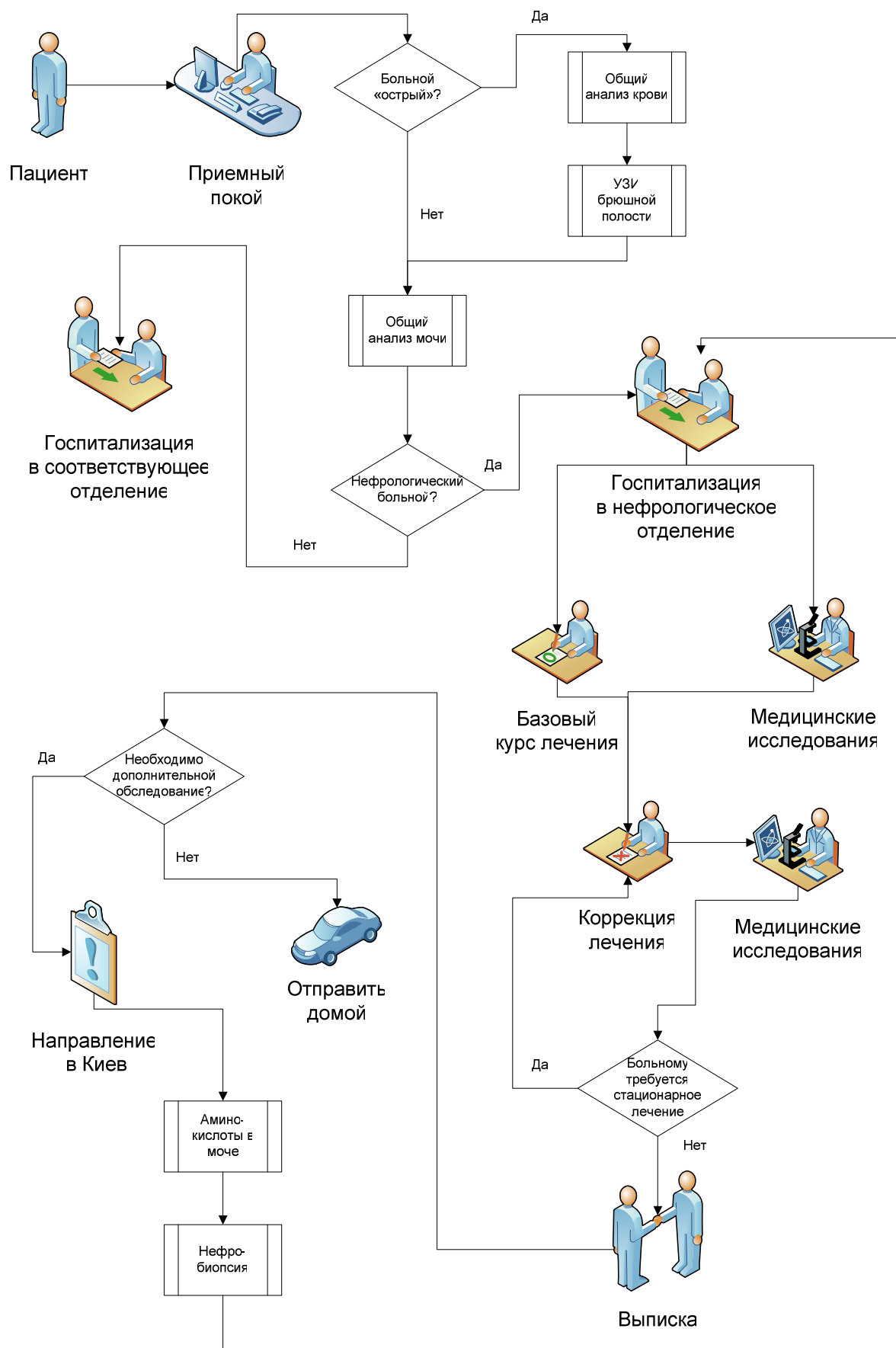


Рисунок 1 – Алгоритмическая схема лечения больного в нефрологическом отделении

Таблица 1 – Длительности основных медицинских исследований пациентов нефрологического отделения

№	Тип анализа	Название анализа	Срок выполнения (в часах)			
			Оптимистический	Пессимистический	Ожидаемый	Фактический
1.	1	Креатинин, билирубин, общий белок, АСТ/АЛТ, глюкоза	2	24	4,33	7,22
2.	1	Белковые фракции	3	24	4,5	7,5
3.	1	Калий-натрий	1	24	4,17	6,95
4.	1	Коагулограмма (сребриноген)	1	24	4,17	6,95
5.	1	Амилаза крови	0,5	8	1,42	2,37
6.	2	Общий анализ мочи	0,25	0,25	0,25	0,25
7.	2	Трех-стаканная проба	1	8	1,5	2,5
8.	2	Диастаза мочи	0,04	1	0,17	0,28
9.	2	Ацетон в моче	0,04	1	0,17	0,28
10.	2	Проба Нечипоренко	1	12	2,17	3,62
11.	2	Проба Зимницкого	24	36	29	32,67
12.	2	Суточная протеинурия	24	36	29	32,67
13.	3	УЗИ	0,5	1	0,75	0,82
14.	3	ЯМР	1	24	4,17	6,95
15.	3	КТ	1	24	4,17	6,95
16.	3	Доплерография сосудов почек	0,5	2	1,42	1,7
17.	3	Нагрузочная проба	2	4	3	3,67
18.	3	Экскреторная урография	1	3	1,07	1,12
19.	3	Обзорная урография	0,05	0,8	0,13	0,23
20.	3	Радиоизотопные исследования	0,5	4	0,75	1,25

Примечания: 1 – анализы крови; 2 – анализы мочи; 3 – иные исследования.

Целью статьи является рассмотрение системотехнических вопросов, связанных с обеспечением высокой готовности МИС нефрологического стационара.

Несмотря на то, что рынок программных продуктов [4, 6] по управлению проектами достаточно развит (Microsoft Project, Primavera, Open Plan и т.д.) и пользователю предоставлен широчайший инструментарий для ввода, агрегирования информации и создания по ней отчетной документации, все же ощущается существенная нехватка средств автоматического и автоматизированного планирования, базирующихся на современном математическом аппарате [6, 7]. Например, недостаточное внимание уделено вопросам применения генетических алгоритмов и теории нечетких множеств для решения задач автоматизации обработки медицинских пакетов информации в МИС в условиях стохастичности исходных данных.

Предлагается провести учет нечетких ограничений по ресурсам МИС. Значения вычислительных затрат, необходимых для обработки информационных пакетов медицинской информации, зададим в виде нечетких $\hat{\alpha}$ -чисел. Нечеткое число A будем называть $\hat{\alpha}$ -числом, если функция его принадлежности определяется как

$$\mu_A(x) = \frac{c\beta}{x^2\sqrt{2\pi}} e^{-0,5\left(\frac{\beta}{x} - \alpha\right)^2},$$

где α – коэффициент однородности производительностей вычислительных узлов МИС; β – относительный объем пакета медицинской информации; c – нормировочный коэффициент. На рисунке 5 изображена функция принадлежности для параметров: $\alpha = 3$, $\beta = 7$, $c = 1,799$.

Операцию сложения для $\hat{\alpha}$ -чисел определим следующим образом. Пусть нечеткое число A задается параметрами (α_1, β_1) , а B параметрами (α_2, β_2) . Тогда суммой служит нечеткое $\hat{\alpha}$ -число C , у которого параметры определяются как $(\alpha_1 + \alpha_2), (\beta_1 + \beta_2)$. Операция нечеткого выбора [5] большего из

двух $\hat{\alpha}$ -чисел определяется при помощи величины $p(x)$, характеризующая вероятность того, что $\hat{\alpha}$ -чисел больше либо равно q :

$$p(q) = \frac{\int_q^{\infty} \frac{c\beta}{x^2\sqrt{2\pi}} e^{-0,5\left(\frac{\beta}{x}-\alpha\right)^2} dx}{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{c\beta}{x^2\sqrt{2\pi}} e^{-0,5\left(\frac{\beta}{x}-\alpha\right)^2} dx}.$$

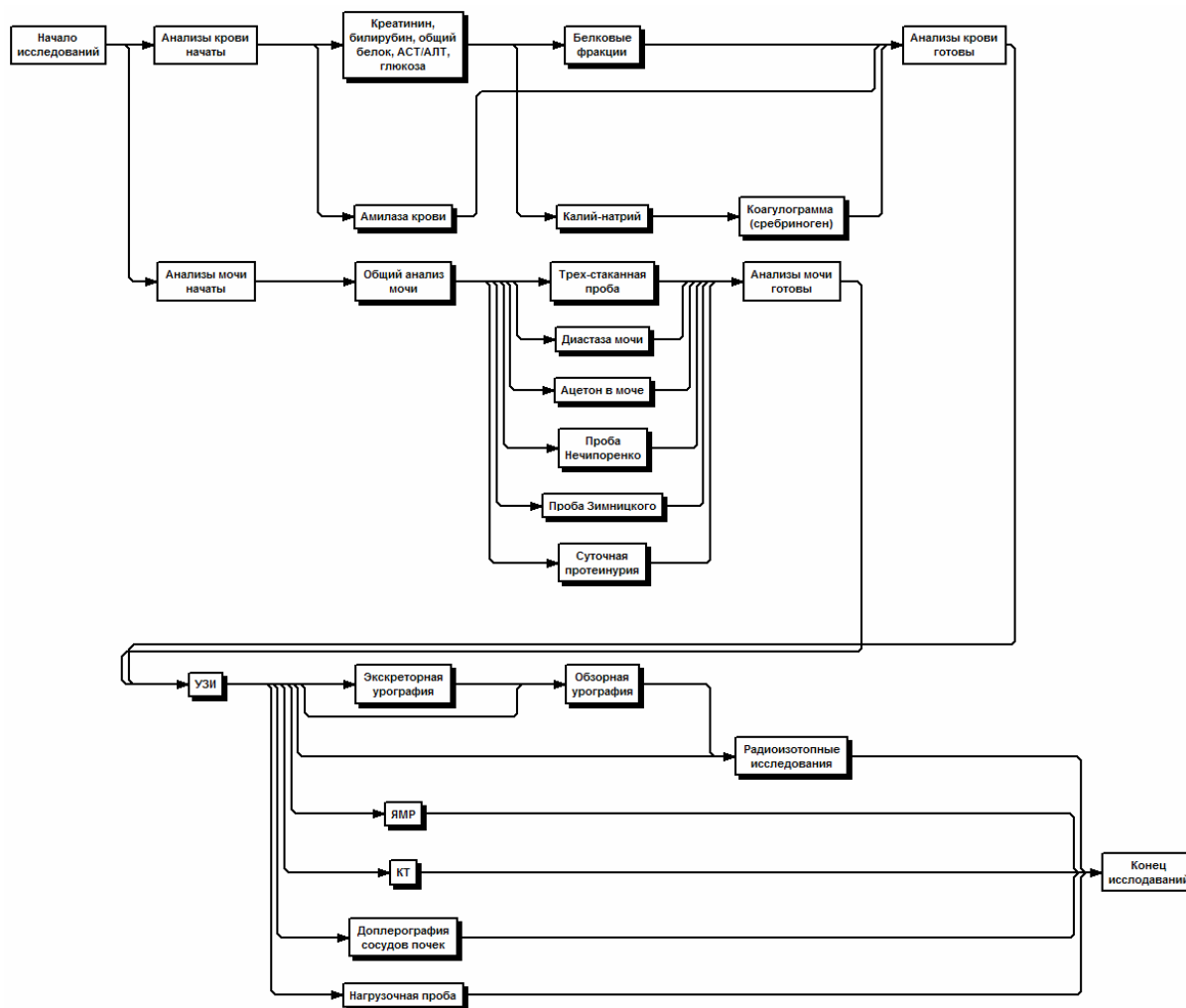


Рисунок 2 – Базовая информационная структура пакета задач пациента нефрологического отделения

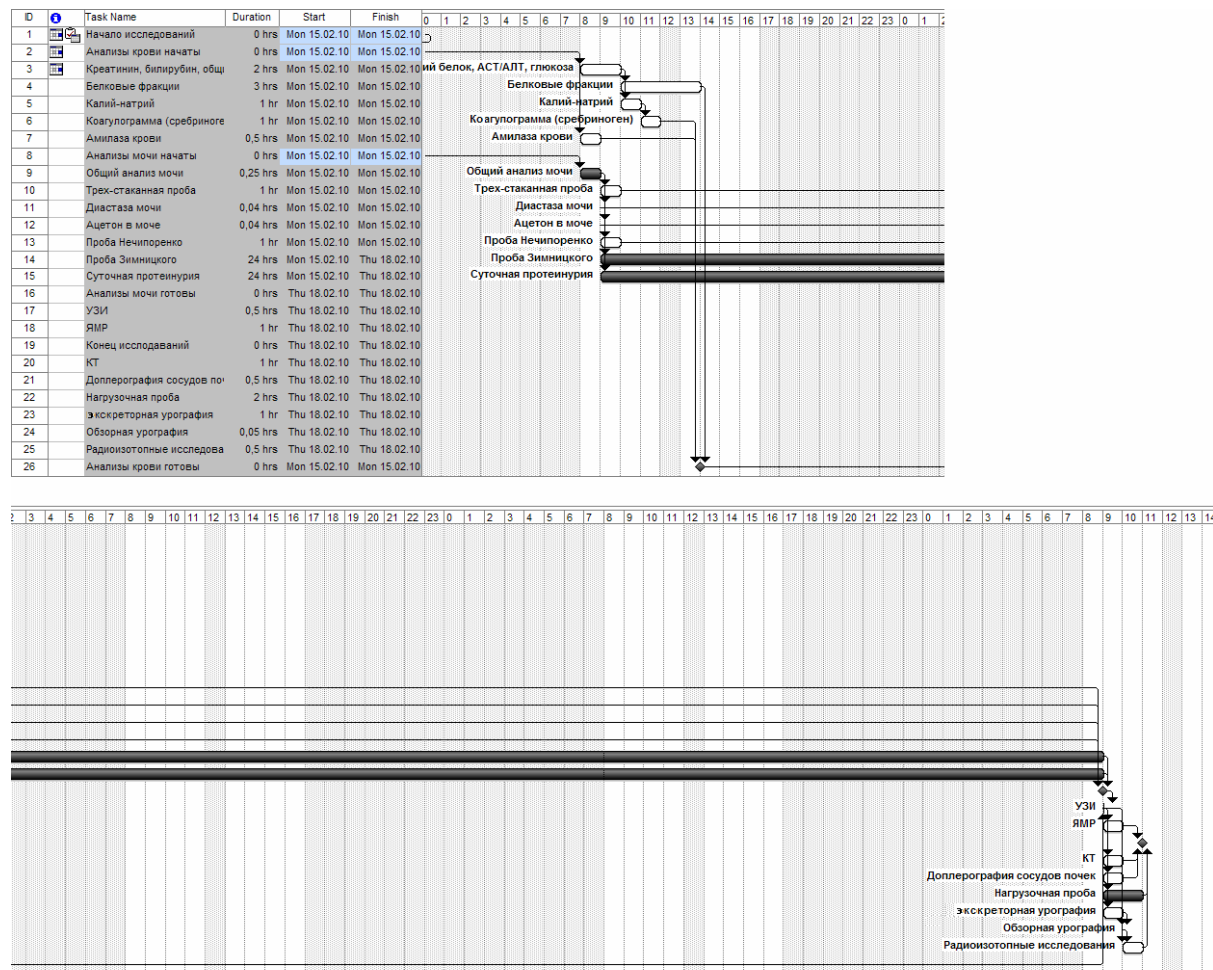


Рисунок 3 – Диаграмма Ганта для оптимистического случая обработки медицинской информации

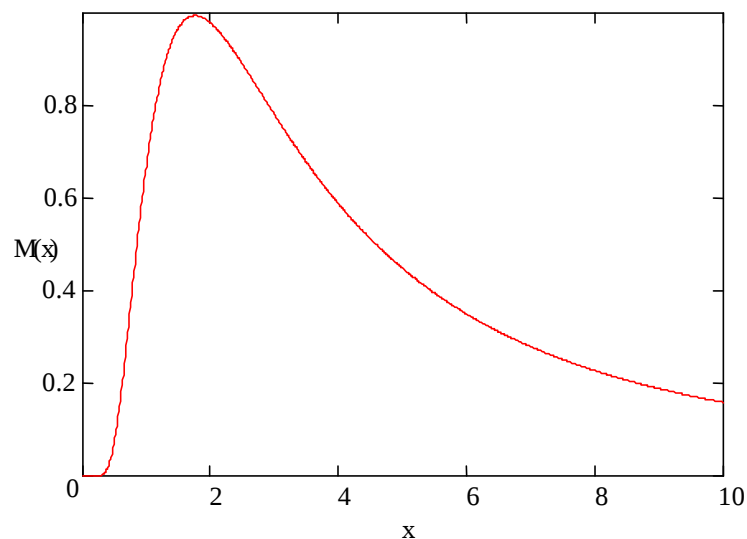


Рисунок 5 – Функция принадлежности $\hat{\alpha}$ -числа для параметров: $\alpha = 3$, $\beta = 7$, $c = 1,799$

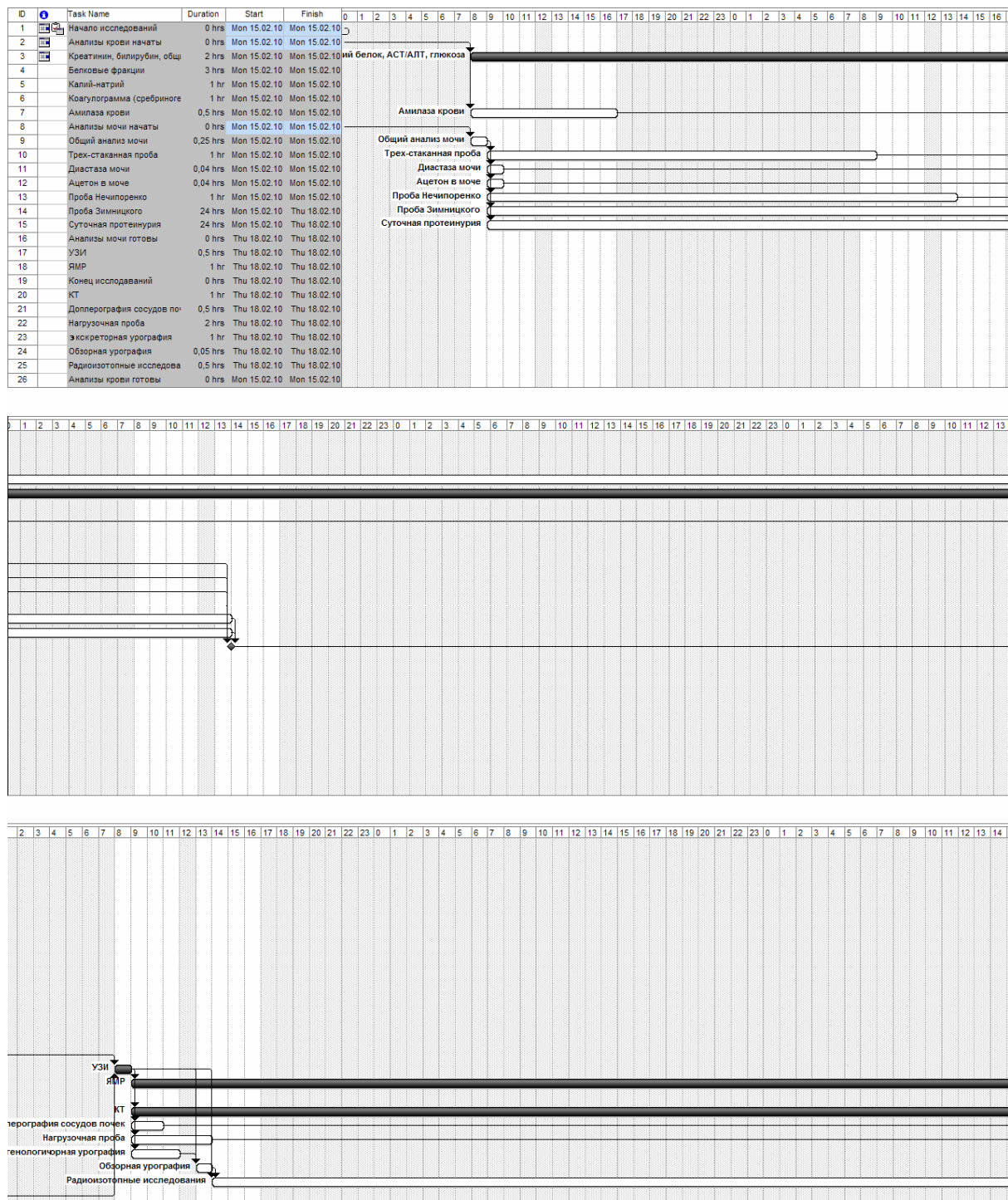


Рисунок 4 – Диаграмма Ганта для пессимистического случая обработки медицинской информации

Таким образом, практически все операции сетевого анализа проектов [5] справедливы и для случая, когда длительности обработки заданий из пакета медицинских данных представлены с учетом нечетких ограничений по ресурсам МИС. Например, критический путь в этом случае находится с применением нечеткой операции сложения и выбора для нечетких α -чисел.

Планируется в дальнейшем внедрить предлагаемый подход в аппаратно-программный комплекс, осуществляющий ситуативное многоверсионное моделирование информационных процессов в МИС, поиск эффективных стратегий обработки медицинских пакетов информации и оценку получаемых

решений с точки зрения повышения качества вычислительного обслуживания нефрологических пациентов.

Библиографический список

1. Скاتков А.В. Распределенные системы: структурный анализ, классификация, экстремальные задачи на графах / А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин, Д.Н. Данильчук // Вестник национального Хмельницкого университета. — 2007. — Т. 1 (93). — № 3. — С. 77 – 82.
2. Коган Д.И. Задача диспетчеризации: анализ вычислительной сложности и полиномиально разрешимые подклассы / Д.И. Коган, Ю.С. Федосенко // Дискретная математика. — 1996. — Т. 8. — № 3. — С. 135 – 147.
3. Воронин Д. Ю. Системотехнический анализ процессов диспетчеризации в распределенных вычислительных системах / Д.Ю. Воронин // Вестник СевГТУ. Сер. Информатика, электроника, связь: сб. науч. тр. — Севастополь, 2008. — Вып. 93. — С. 38 – 42.
4. Гулятьев А.К. Microsoft Office Project Professional 2007. Управление проектами: практическое пособие. / А.К. Гулятьев. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 480 с.
5. Филлипс Д. Методы анализа сетей. / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диаз. — М.: Мир, 1984. — 496 с.
6. Шашкин А.И. Особенности автоматизации составления плана работ по проекту на различных уровнях управления / А.И. Шашкин, М.М. Ширяев // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии: сб. науч. тр. — 2008. — № 1. — С. 40 – 43.
7. Асаи К. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. — М.: Мир, 1993. — 368 с.

Поступила в редакцию 20.04.2010 г.