

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНОВ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ТРАЕКТОРИЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

И.Н. Долгополов*, Н.В. Семенова**

*Международный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины,

**Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

e-mail: dolgigo@ukr.net

Основную задачу управления процессами проведения клинической диагностики (КД) в компьютерных сетях (КС) можно сформулировать следующим образом: дана совокупность распределённых инструментальных, клинических и биохимических средств, в дальнейшем – распределённых средств диагностических технологий (РСДТ) $T_i, i=1, \dots, n$, которые в результате проведения исследований $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ обеспечивают получение первичной информации о состоянии распознаваемого объекта (пациента). Затем в рамках индуктивного вывода она обобщается в объёме некоторого набора предварительных, правдоподобных диагнозов. Необходимо разработать алгоритмы построения плана оптимальной диагностической траектории (ДТр), в соответствии с которой, в системе управления (СУ) процессами КД планировались бы циклы последовательного и целенаправленного определения недостающих признаков $x_j, j=1, \dots, p$, средствами ДТ для перевода множества правдоподобных диагнозов в единственно достоверный. На протяжении ДТр цикл может неоднократно повторяться, в соответствии с необходимостью отработки очередной гипотезы о возможном диагнозе, до полного узнавания состояния объекта в объёме конечной цели КД – клинического диагноза [1]. Для решения этой задачи предлагается построение такого алгоритма управления процессами КД, который строится на основе оптимизации проведения планов мероприятий ДТр. Реализация плана связана с проблемой выбора РСДТ и их последовательного использования. Большинство одинаковых признаков можно измерить разными методами, с разным контекстом, и с разной затратой ресурсов. Оптимальность, заключается в том, что на каждом шаге мероприятий КД можно определить, не только какие признаки необходимо актуализировать, но и какие РСДТ для этого необходимо использовать, с учётом всех ограничений.

Цель функционирования СУП КД территориальной компьютерной сети (КС) можно описать некоторым векторным критерием F , достигающим экстремального значения при оптимальном управлении, т.е. наилучшим в определенном смысле:

$$F = (f_1(x), \dots, f_l(x)), \quad (1)$$

где, например при $l=6$, $f_1(x)$ – проектная и эксплуатационная стоимость задействованных диагностических и телекоммуникационных технологий территориальной КС, $f_2(x)$ – их надёжность, $f_3(x)$ – стоимость трафика, $f_4(x)$ – пропускная способность (объём диагностических траекторий в единицу времени), $f_5(x)$ – информационный вклад конкретного признака в построении планов диагностической траектории, $f_6(x)$ – качество медицинских услуг, получаемых пациентами в субъектах системы здравоохранения территориальной СУП КД КС на основании точной и своевременной диагностики, как пример успешного завершения ДТр. Практически, каждая функция из перечисленных векторного критерия F может быть самостоятельным критерием качества и является функцией многих переменных.

Обозначим X – допустимое множество альтернатив, на котором требуется максимизировать заданный векторный критерий. Следовательно, математическая модель задачи выбора РСДТ имеет такой вид:

$$Z(F, X) : \max \{F(x) | x \in X\}.$$

Под решением задачи $Z(F, X)$ будем понимать нахождение элементов одного из следующих множеств: $P(F, X)$ – эффективных (Парето-оптимальных), $Sl(F, X)$ – слабо эффективных (эффективных по Слейтеру), $Sm(F, X)$ – строго эффективных (по Смейлу) решений.

Для любого $x \in X$ справедливы такие соотношения:

$$x \in Sl(F, X) \Leftrightarrow \{y \in X | F(y) < F(x)\} = \emptyset, \quad (2)$$

$$x \in P(F, X) \Leftrightarrow \{y \in X | F(y) \leq F(x), F(y) \neq F(x)\} = \emptyset, \quad (3)$$

$$x \in Sm(F, X) \Leftrightarrow \{y \in X | y \neq x, F(y) \leq F(x)\} = \emptyset. \quad (4)$$

Из определений следует справедливость включения

$$Sm(F, X) \subset P(F, X) \subset Sl(F, X). \quad (5)$$

Поскольку допустимая область X ограничена, то множество $P(F, X)$ является не пустым и внешне устойчивым. В работах [2,3] исследованы вопросы устойчивости разных видов эффективных решений задачи вида $Z(F, X)$ и ее разрешимости при небольших возмущениях в исходных данных. Допустимое множество альтернатив X можно описать как комбинаторное множество размещений. Рассматриваемая задача $Z(F, X)$ является качественно новой и актуальной, объединяющей многокритериальность альтернатив и допустимое множество решений, имеющее комбинаторные свойства размещений. В работах [4–6] установлена взаимосвязь между многокритериальными задачами на комбинаторных множествах и оптимизационными задачами на непрерывном допустимом множестве. На основании изученных структурных свойств комбинаторного множества размещений, являющегося допустимой областью задачи, сформулировано и доказано ряд теорем об условиях оптимальности различных видов эффективных решений векторной задачи комбинаторной оптимизации вида $Z(F, X)$, предложен полиэдральный подход к ее решению.

Использование информации о структуре выпуклой оболочки допустимых решений, являющейся основанием для многих многогранных методов, – один из самых эффективных, на наш взгляд, подходов к решению задач комбинаторной оптимизации. Но при решении таких задач возникают проблемы, связанные со сложностью математических моделей, большим объемом информации и др. Поэтому применение предложенного полиэдрального подхода основано на объединении идей методов главного критерия, релаксации и отсекающих плоскостей.

Следует отметить, что свойства евклидовых комбинаторных множеств описаны во многих работах. Наряду с хорошо известными евклидовыми комбинаторными множествами перестановок, размещений, сочетаний, разбиений появляются более сложные структуры – поликомбинаторные множества [5, 7, 8]. Их использование для описания математической постановки рассматриваемой задачи построения планов оптимальных диагностических траекторий позволяет более адекватно представить задачу управления процессами проведения клинической диагностики в компьютерных сетях и использовать разработки новых математических методов при создании современных алгоритмов и программ для решения указанных оптимизационных задач.

Необходимо учитывать, что информационные условия, в которых приходится решать указанные задачи, довольно часто характеризуются неопределенностью, которая обусловлена одновременным действием целого ряда факторов: неполнотой описания объекта или процесса, существенной многомерностью, недостаточностью информации или ее отсутствием о характере связей между характеристиками процесса, а также между

его характеристиками и внешними факторами, ценой определенности, неопределенностью, связанной течением болезни, использованием моделей и методов обработки данных, применимость которых для решения конкретных целевых задач управления не обоснована, временными задержками в получении необходимых данных, связанными с нерациональной организацией их управления (процессами сбора, подготовки и обработки), приводящими в конечном итоге к несвоевременным диагностическим решениям. Для решения задач поддержки принятия решений в этих условиях чрезвычайно актуальными являются разработка подходов, принципиально ориентированных на работу в так называемой неопределенных или нечетких условиях, а также разработка специальных методов и средств их реализации в компьютерных сетях. Следовательно, разработка математических методов, предназначенных для поддержки принятия решений в задачах управления процессами проведения клинической диагностики в компьютерных сетях в условиях неопределенности, является актуальной и практически значимой задачей.

В условиях неопределенности качество принятых решений и их последствий существенно зависят от полноты учета всех неопределенных факторов: неточности исходной информации, неадекватности математических моделей реальным процессам, ошибок округления, погрешностей вычислений и других. Современная теория и практика оптимизации строятся на основе классической постановки оптимизационных задач, которая предполагает, что все данные заданы точно. Но для большого числа задач дискретной оптимизации, возникающих, в частности, в медицине (управление процессами клинической диагностики и лечения) такая постановка является неудовлетворительной. Исходные данные: целевая функция и допустимая область могут изменяться в процессе оптимизации. Более того, по словам академика В.М. Глушкова [9], в их целенаправленном изменении как раз и заключается основная содержательная сущность процесса оптимизации для рассматриваемого класса задач. В статье [10] представлены результаты разработки и обоснования методов нахождения гарантирующих и оптимистических решений задач, возникающих при исследовании сложных целочисленных оптимизационных моделей с управляемыми и неопределенными исходными данными. Предложены некоторые классы множеств неопределенности, описывающих исходные данные рассмотренных задач. Разработанные методы основаны на аппроксимации исходной задачи задачами более простой структуры. Эти методы являются декомпозиционными, объединяют и используют идеи методов релаксации, линеаризации, отсекающих плоскостей Келли.

В работе [11] рассмотрены задачи целенаправленной постановки клинического диагноза в компьютерных сетях на основании использования интеллектуальной системы, объединяющей методы оптимизации выбора управляющих воздействий на процесс построения диагностической траектории и принятия решений в условиях неопределенности.

Учитывая положительный опыт использования моделей ERP-класса (Enterprise Resource Planning) в управлении предприятиями и отраслями, была исследована возможность построения модели КД, на основе производственной функции [12]. Также были рассмотрены традиционные подходы к управлению, в которых в качестве управляющих параметров предлагалось использовать пропускную способность системы или её мощность. Предполагалось, что в рамках нового направления - менеджмента здравоохранения, решающего задачи коммерциализации e-Health, предпочтительны будут критерии экономического характера, использующиеся в качестве основных показателей систем управления предприятиями: увеличение прибыли или уменьшение затрат. Однако применение подобных критериев для оценки эффективности систем медицинского назначения вызвало бы большие трудности, так как эти показатели не

исчерпывают представления об уровне оказанной медицинской помощи, которое согласно классификации Всемирной организации здравоохранения оценивается в категориях, прежде всего, своевременности, доступности и полноты [13]. Именно, время оказания медицинской помощи, в большинстве случаев, определяет успех лечения, а нередко и сохраняет жизнь больному. Поэтому, в качестве целевой функции СУП КД было рассмотрено время. В этом случае, критерий оптимальности S , будет представлять собой суммарные потери по всем фазам ДТр, превышающее регламентное время.

Литература

1. Долгополов И.Н. Интеллектуальная система управления процессами клинической диагностики // Проблемы управления и информатики . - 2007. - №3. - С. 146-154.
2. Сергиенко И.В., Лебедева Т.Т., Семенова Н.В. О существовании решений в задачах векторной оптимизации // Кибернетика и системный анализ. – 2000. - №6 – С.39-46.
3. Лебедева Т.Т., Семенова Н.В. Сергиенко Т.И. Устойчивость векторных задач целочисленной оптимизации: взаимосвязь с устойчивостью множеств оптимальных и неоптимальных решений // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – №4 – С. 90-100.
4. Семенова Н.В. Условия оптимальности в векторных задачах комбинаторной оптимизации // Теорія оптимальних рішень. – 2008. – № 7 . – С.153-160.
5. Семенова Н.В., Колечкина Л.Н., Многокритериальные задачи комбинаторной оптимизации на множестве полиразмещений: полиэдральный подход к решению // Кибернетика и системный анализ – 2009. – №3 – С. 118–126.
6. Семенова Н.В., Колечкина Л.Н., Нагорная А.Н. Подход к решению векторных задач дискретной оптимизации на комбинаторном множестве перестановок // Кибернетика и системный анализ – 2008. – №3 – С. 158–172.
7. Стоян Ю.Г., Ємець О.О., Ємець Є.М. Оптимізація на полірозміщеннях: теорія та методи – Полтава: РВЦ ПУСКУ, 2005. – 104 с.
8. Семенова Н.В., Колечкина Л.Н., Нагорная А.Н. Решение и исследование векторных задач комбинаторной оптимизации на множестве полиперестановок // Проблемы управления и информатики. – 2008. – № 6. – С. 26 – 41.
9. Глушков В.М. О системной оптимизации // Кибернетика.– 1980.– № 5.– С. 89-90.
10. Семенова Н.В. Методы поиска гарантирующих и оптимистических решений задач целочисленной оптимизации в условиях неопределенности данных // Кибернетика и системный анализ – 2007. – №1 – С. 103–114.
11. Долгополов И.Н. Система управления процессами клинической диагностики в компьютерных сетях в условиях неопределенности // Проблемы управления и информатики . - 2008. - №5. - С. 133-148.
12. Когаловский С.В. Происхождение ERP - www.infocity.kiev.ua.
13. Качество медицинского обслуживания и медицинские технологии // Материалы Всемирного форума здравоохранения. — 1995. — Т. 16, № 2. — С. 27—32.