

- [10] Ту Дж. Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978.
- [11] Фролов А.Б., Четрафилов И.Д. О некоторых подходах к распознаванию оптических образов текстов. Интеллектуальные системы, 1997, том. 2, вып. 1—4.
- [12] Фролов А.Б., Четрафилов И.Д. Сети принятия решений для распознавания оптических образов текстов при наличии искажений. Вестник МЭИ, 1997, N 6. F10
- [13] Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и трудно-решаемые задачи. М.: Мир, 1982.

Подход к интеллектуальной навигации, контроль и распределение в системе управления флотом

Франк Хюбенталь, Сеппо Пууронен, Ваган Терзиян

В этой работе представлены некоторые результаты полученные совместными усилиями трех научных групп из Германии, Украины и Финляндии в области применения искусственного интеллекта в обработке информации и интеллектуального моделирования и контроля за сложными дискретными динамическими процессами. Результаты основаны на новых методах развития машинного обучения, в которых используется метаэвристика; дискретное моделирование с помощью метасетей Петри; обработка естественно-го языка и звучащей речи; оптимальный контроль со сложными задачами, интеллектуальная среда для создания сложных моделей и имитация сложных процессов. Результаты теоретических и экспериментальных исследований применены к проблеме автоматического интеллектуального управления такси. Было разработано аппаратное и программное обеспечение, протестировано и применено на практике в одном немецком городе. Разработана интеллектуальная оболочка для моделирования дорожного движения любого города и оптимизировать управление такси, что делает возможным применение этой системы в других практических приложениях.

1 Введение

Автоматическое управление такси традиционно представляется сложной задачей, сочетающей в себе задачи из разных областей математики, оптимального контроля, кибернетики, искусственного интеллекта и

программирования. Особенности дорожного движения, традиций и регулирования таксоперевозками, свойственные разным городам делают универсальное решение этой задачи еще более сложным. Однако важность решения этой задачи возрастает в условиях все более напряженного дорожного движения, в то время как клиенты по-прежнему ожидают качественного обслуживания.

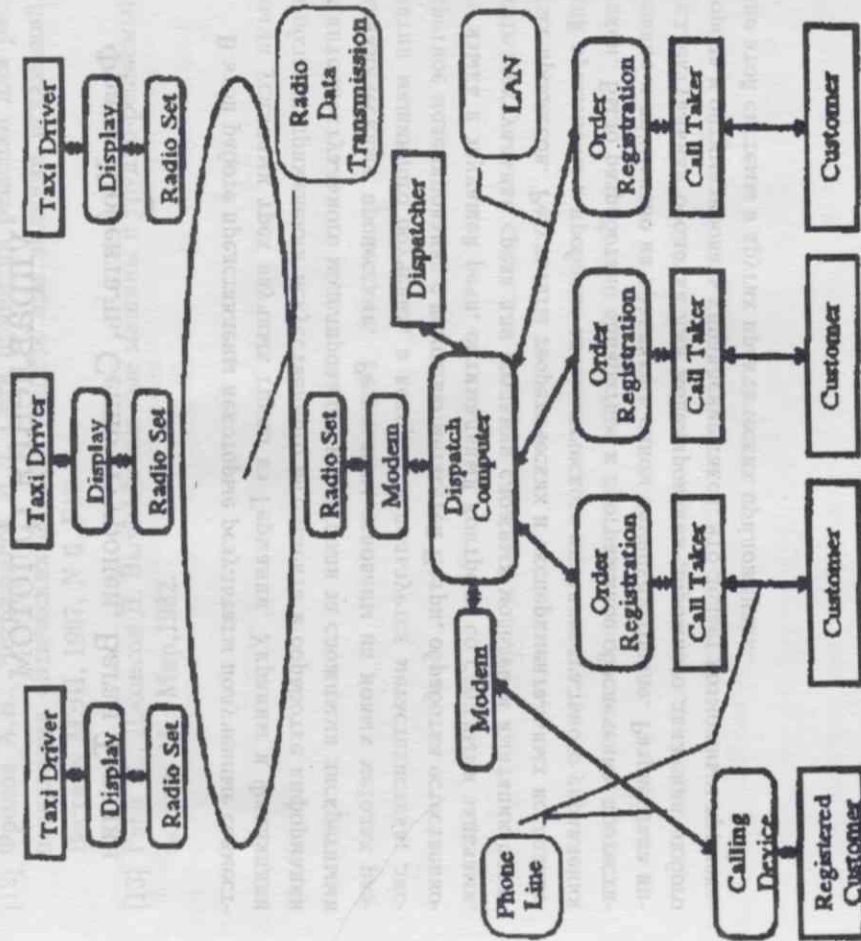


Рис. 1.

Простая блок-схема компьютеризированной диспетчерской системы такси

Пользователями системы управления таксоперевозками обычно являются водители такси, которые хотят получить полную и своевременную информацию для использования ее с максимальной выгодой для принятия решений. Основные функции такой системы – получать по телефону и выполнять заказы клиентов, находить такси на оптимальном расстоянии от клиента, давать советы таксисту, где лучше всего парковаться для минимизации времени получения следующего заказа.

Компьютеризированная система управления – сложная техническая система, состоящая из аппаратных и программных подсистем. Блок-диаграмма представлена на рис. 1. Программа действующей компьютерной системы состоит из двух основных частей:

- программа для ручной регистрации поступающих звонков;
- программа распределения заказов по такси.

Территория, подконтрольная главному диспетчерскому центру поддается на стоянки такси и микрорайоны. Если таксист ожидает заказа, он должен зарегистрировать свое местоположение той стоянки, где он стоит, или в том микрорайоне, где он передвигается. Каждый город и каждая улица приписаны к множеству стоянок такси и поделены на микрорайоны на определенном расстоянии. Когда заказ принят, система пытается найти ближайшую к месту вызова машину из всех стоящих или движущихся. Команда посылается найденному таксу. Водитель видит сообщение на своем дисплее и принимает или отклоняет заказ. Принятия заказов фиксируются.

2 Методы использования статистики

Система управления такси предполагает самообучение. Принцип самообучения основан на изучении и использовании статистики при решении задачи. Мы будем рассматривать две различные статистики: статистика заказов и статистика перевозок.

Статистика заказов. Время каждого дня делится на интервалы равные τ . Система отслеживает и фиксирует число вызовов, поступивших на данную стоянку в течение некоторого временного интервала. При обработке данных задача сводится к следующему: установить средний объем заказов в определенный временной отрезок относительно изменений в течение дня, недели, месяца, времени года и т.д. Пример

недельной статистики заказов некоторой стоянки представлен на рис. 2. (7 = 4h). Если таксисту, подъехавшему к данной стоянке приходится вставать в очередь из машин, то такая статистика позволит подсчитать, сколько в среднем времени он проводит на этой стоянке в ожидании заказа.

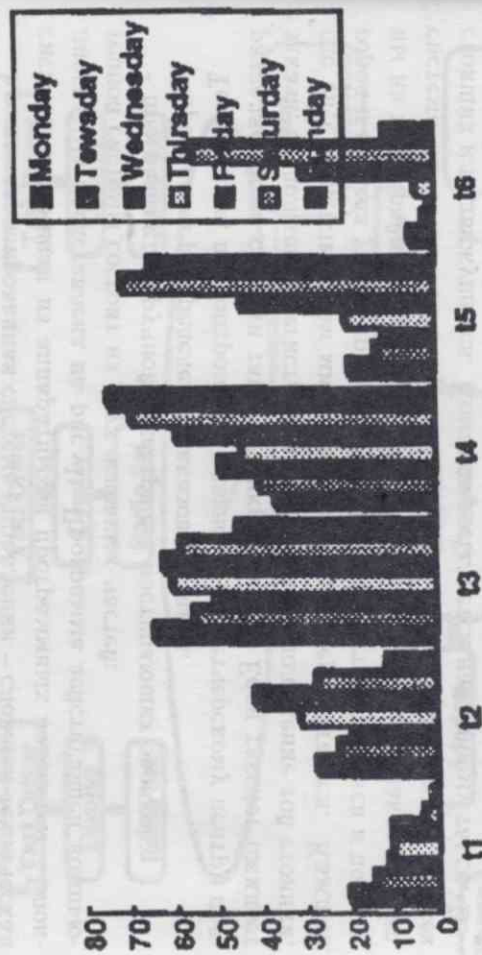


Рис. 2. Пример недельной статистики заказов

Статистика перевозок. Точно также система отслеживает и фиксирует время перевозок из одного района в другой в различные временные интервалы. Карта города поделена на квадраты. Каждый район имеет идентификационный номер D_i . Цель обработки этих данных — фиксировать среднее время перевозки во время некоторого интервала времени относительно изменения интенсивности дорожного движения в течение дня, недели, месяца, времени года, т.д. Пример дневной статистики перевозок представлен на рис. 3. (значения в минутах). Такая статистика даст ряд возможностей, чтобы определить и решить некото-

рые задачи оптимизации или по крайней мере, подтвердить выгоду системы для ее пользователей. Например, когда таксист выбирает стоянку по выполнению последнего заказа, обе эти статистики в комплексе позволяют просчитать этот выбор так, чтобы время ожидания заказа на стоянке сократить до минимума.

Метастатистика. Мы предполагаем использовать долгосрочную статистику для получения знаний про еждневный расписание заказов и движения, затем узнать об этом расписании в течение недели, то же самое в течение месяца, времени года и т.д. Так мы получаем метазадания, которые позволяют нам принимать в расчет особенности текущего момента: день недели, время года, расписание жизни города, расписание движения поездов и др.

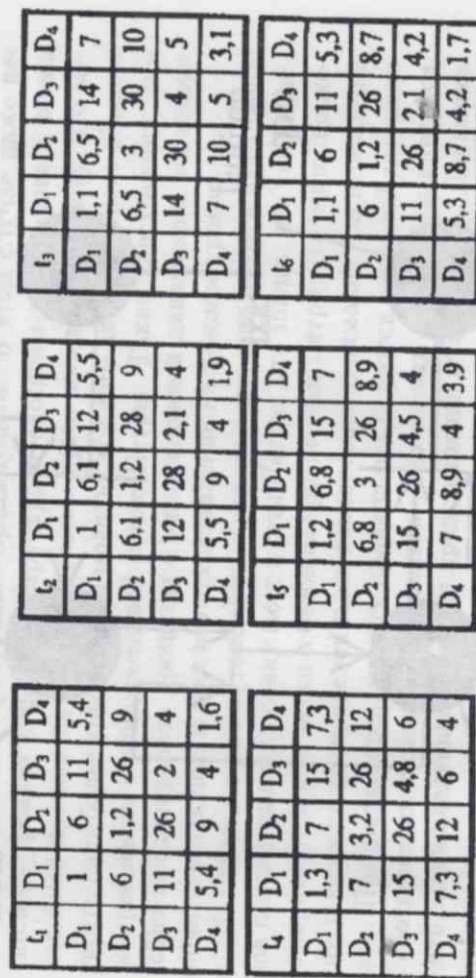


Рис. 3. Пример дневной статистики транспортировок

Долгосрочную статистику предполагается представлять квазиергодическими функциями. Многоуровневое знание, которое может быть получено с помощью таких функций мы будем называть метастатистикой. Методы получения и использования были предложены [1,5] для медицинских прикладных программ. Их авторы планируют развивать эти методы и применять их для задач навигации такси.

3 Использование многоуровневой сети Петри в моделировании таксонавигации

Для описания и моделирования навигации такси как дискретного динамического процесса выбрана формальная модель метасети Петри. Этот аппарат был предложен [4], чтобы поддерживать многоуровневые базы знаний. Авторы планируют разрабатывать его дальше и использовать для моделирования динамики такси. На рис. 4. представлен пример простой ситуации, моделирующей таксонавигацию с помощью простейшей одноуровневой сети Петри.

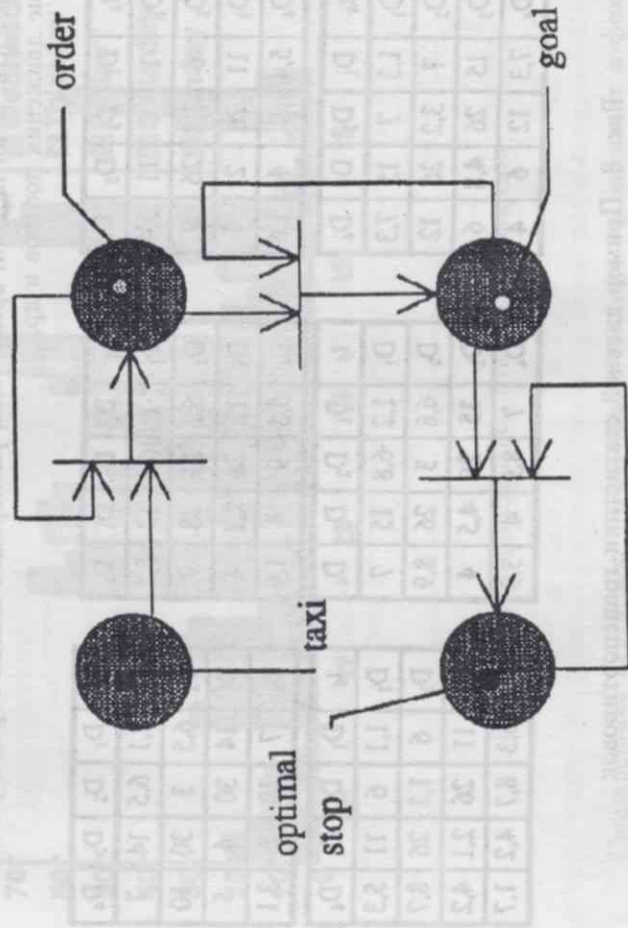


Рис. 4. Пример модели сети Петри для такси-навигации

Для гибкого моделирования сложных динамических процессов предлагается использовать многоуровневую метаинтерпретацию сетей Петри. Метасеть Петри способна не только изменить свою маркировку, но также автоматически реконфигурировать свою структуру. Каждый уро-

вень метасети – обычная сеть Петри какого-либо известного типа. Базовый (первый) уровень метасети Петри моделирует процесс для какого-либо приложения. Второй уровень используется для моделирования изменений конфигурации базового уровня. Положение структуры и атрибутов (местами и переходами) второго уровня совмещается со структурой базового уровня. Основное правило управления таково, что определенное место или переход устраняется из текущей конфигурации базового уровня, если соответствующее ему место на втором уровне становится пустым. Если хотя бы один знак попадает на пустое место на втором уровне, тогда соответствующее ему место или переход на первом уровне тут же восстанавливается в конфигурации. Здесь представлены многоуровневые метасети Петри, в которых каждый последующий уровень меняет конфигурацию предыдущего. В этом случае даже несколько уровней с простой структурой способны моделировать очень сложный процесс на базовом уровне. Было положено в основу, что метасеть дает более компактную модель сложного динамического объекта по сравнению с одноуровневой сетью Петри. Такая конструкция способна смоделировать процессы с очень сложной динамикой, используя очень компактное и простое представление на каждом уровне.

Положение машин (такси) на карте относительно размеченных районов похоже на маркировку мест в сети Петри. Это значит, что такси рассматриваются как знаки в базовом уровне сети Петри. Правила движения такси между определенными позициями принимаются за переходы в сети. Предполагается, что эти правила реализуются в каждой ситуации в соответствии с заказами клиентов. Это значит, что заказы клиентов – это знаки следующего уровня представления в сети Петри. Динамика заказов, которая представлена на следующем уровне сети, контролирует движение такси, которое представлено определенной конфигурацией на базовом уровне. Итак, мы имеем ситуацию, где маркировка одной сети Петри контролирует конфигурацию другой. Это означает, пригодность представления модели навигации такси с помощью метасетей Петри.

С другой стороны, планируется описать процессы, которые влияют на распределение заказов клиентов (например, расписание движения поездов, режим работы ресторанов, кинотеатров, городские праздники, дорожные работы и т.д.). Эти процессы должны быть представлены на новом уровне сети Петри, который контролирует динамику заказов.

Это значит, что модель, имитирующая навигацию такси, должна быть, по меньшей мере, трехуровневой метасетью Петри.

4 Разработка методов быстрой обработки заказов

Телефонист-оператор традиционно играет очень важную роль в задаче таксонавигации. Трехуровневая информационная структура описана в [3], она включает в себя телефонистов операторов, выступающих в роли привратников [2]. Операторы служат экспертами в различных сферах жизни своих клиентов, помогая им пробираться через государственные организации, сложные иерархии бизнеса, неверно запомнившиеся местоположения и динамические изменения в жизни своих клиентов. В течение короткого времени оператор выслушивает клиента, и обычно уточняет его запрос вместе с клиентом. Оператор владеет деталями специфическими знаниями из разных областей, которые включают используемые ими компьютерные системы, географическую и бизнес-информацию о клиентуре, а также умение вести разговор быстро и эффективно.

Есть три способа улучшить контакт клиента с телефонным оператором. Первый способ — разработать язык команд, достаточно близкий к родному языку клиентов, а затем создать интеллектуальный процессор, который сможет интерпретировать команды, представленные на данном языке. Эта задача может считаться частью задачи обработки естественного языка с некоторыми небольшими ограничениями. Авторы уже получили некоторые результаты, связанные с такой возможностью. Существующий язык позволяет представлять команду в виде строки, которую телефонист может быстро записать, пока слушает заказ клиента. Строгих ограничений на порядок слов в строке нет, что очень важно, чтобы записать быстро и без ошибок. Разработанная грамматика позволяет интерпретировать команду и проверить ее полноту и правильность.

Второй и третий способы необходимы тогда, когда планируется, что таксонавигацию будет контролировать АТС. Аппаратура уже создана и

применена на практике. Она дает возможность клиенту нажимать определенную кнопку в специальных местах по всему городу, и какому-то такси будет отдана команда подъехать к этому месту. Другая возможность опирается на создание речевого процессора. Планируется проанализировать эту возможность и разработать аппаратное и программное обеспечение для быстрой автоматической обработки заказов.

5 Разработка методов оптимизации контроля таксонавигации

Разработка методов по улучшению контроля таксонавигации базируется на трех различных задачах этого контроля.

Первая задача — организовать контроль так, чтобы таксистам была гарантирована максимальная выгода. При этой задаче выбор таксиста для выполнения заказа базируется только на соотношении максимизации общего дохода, даже если личные доходы таксистов будут существенно различаться.

Вторая задача — организовать контроль за таксонавигацией так, чтобы сократить до минимума средний диапазон колебания заработков отдельных таксистов. Это соотношение гарантирует каждому таксисту сравнительно приемлемый заработок. Если это невозможно, то значит число машин больше целесообразного для выполнения всего объема заказов.

Третья задача — организовать контроль так, чтобы минимизировать необходимые ресурсы (например, рабочее время таксистов, бензин и т.д.). Эти методы целесообразны в тех случаях, когда машины принадлежат частной компании, или в тех странах, где проблемы с бензином. Разработанны методы для оптимизации контролера, задача которого есть любая из перечисленных выше или любая их комбинация.

Разработка интеллектуальной оболочки для моделирования стратегии навигации такси. Результаты разработки методов оптимального контроля таксонавигации были экспериментально подтверждены. С этой целью была разработана экспериментальное программное обеспечение которое применяется для моделирования реальных процессов таксонавигации.

Были смоделированы команды поступающие из разных мест разной частоты как стохастический процесс. Поведение каждого таксиста в случае, когда управление неавтоматическое, зависит от его собственной стратегии принятия решений и информации, которой он располагает. Был разработан язык для описания различных возможных стратегий поведения таксиста и каждая стратегия опробована в экспериментальной среде. Результаты каждого эксперимента зафиксированы и подчитана выгода. Было выбрано оптимальное поведение каждого таксиста. После этого был проведен эксперимент со стратегией автоматического управления такси, где использовалась больше информации. Результаты показали и измерили преимущество автоматического управления в сравнении с персональным принятием оптимального решения. Таким образом можно сравнить среднюю прибыль в обоих случаях и объем информации, необходимой для принятия решения, что позволяет подчитать реальную стоимость информации в модели таксонавигации.

Такая интеллектуальная оболочка и методы проведения экспериментов с ней могут быть использованы весьма результативно в прикладных областях искусственного интеллекта – в информационной обработке, интеллектуальном моделировании и контроле за сложными дискретными динамическими процессами.

6 Заключение

1. Предполагается, что система управления такси – самообучающаяся система. Результатом этого исследования является создание принципа самообучения, который основан на получении и использовании статистик и метастатистик для решения задачи.
2. Формальная модель метасети Петри далее разработана и применена для описания и моделирования таксонавигации как дискретного динамического процесса. Такая модель способна имитировать процессы с очень сложной динамикой, используя очень компактное и простое представление на каждом уровне.
3. Методы, аппаратное и программное обеспечение для организации процесса обработки заказов клиентов разработаны также как для обработки языка и речи с определенными ограничениями.
4. Созданы методы оптимизации контроля, которые основываются

на различных целях, или любой их комбинации.

5. Результаты разработки методов оптимального контроля таксонавигации подтверждены экспериментально. Для этих целей разработана экспериментальная программная среда, которая моделировала реальные процессы таксонавигации.

Полученные результаты можно считать новым и важным решением в прикладных областях искусственного интеллекта, в обработке информации и интеллектуального моделирования, а также контроля за сложными дискретными динамическими процессами. Результаты проверены экспериментально и уже используются на практике.

Список литературы

- [1] Bondarenko M., Terziyan V., Tkachuk A., Multilevel Models for Representation of Quasi-Periodical Temporal Patterns, In: Signal/Image Processing and Pattern Recognition. Second All-Ukrainian International Conference, Kiev, Ukraine, 1994. pp.76-80 (In Ukrainian).
- [2] Goto, S., Nojima, H. Equilibrium Analysis of the Distribution of Information in Human Society. Artificial Intelligence 75. 1 (1995), 115-130.
- [3] Muller, M., Carr, R., Ashworth, C., Diekmann, B., Wharton, C., Eickstaedt, C., Clonts, J. Telephone Operators as Knowledge Workers: Consultants Who Meet Customer Needs, in Proc. CHI'95. (Denver CO, May 1995), ACM Press.
- [4] Terziyan V., Multilevel Models for Knowledge Bases Control and Their Applications to Automated Information Systems. Post Doctoral Degree Thesis, State Technical University of Radioelectronics, 1993 (In Russian).
- [5] Terziyan V., Tkachuk A., Multilevel Models for Speech Based Diagnostics, In: Radioelectronics in Medicine Diagnostics, International Conference, Moscow, November 1995.