А.Б. Гуреев, Н.И. Динова, Н.М. Кулжабаев
А.В. Щепкин

УЧЕБНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
им. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Б. Гуреев, Н.И. Динова, Н.М. Кулжабаев,
А.В. Щепкин

УЧЕБНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ

ПРЕПРИНТ

Москва 1999

Гуреев А.Б., Динова Н.И., Кулжабаев Н.М., Щепкин А.В. УЧЕБНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ. - М., 1999 (Препринт / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).

Рассмотрена методология разработки учебных автоматизированных деловых игр, а также представлены деловые игры «Сбыт», «Распределение грузопотоков по направлениям» и «Распределение ресурса в режиме автоматов».

Настоящая работа предназначена для студентов, аспирантов и специалистов по принятию управленческих решений.

Рецензент: д.т.н., проф. Бурков В.Н.

Текст препринта воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами.

Утверждено к печати Редакционным советом Института.

© Институт проблем управления 1999

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы метод деловых имитационных игр, моделирующий функционирование организации, становится достаточно эффективным инструментом, как для исследования организационно-экономических систем, так и в процессе подготовки кадров.

Деловые игры начали свое бурное развитие с игры Американской управленческой ассоциации, разработанной в 1956 году. Начиная с середины 60-х годов стали широко применяться в ряде ВУЗов и институтов повышения квалификации, в качестве активного метода обучения.

Изучение опыта проведения деловых игр показывает, что с помощью метода игровой имитации успешно решаются не только проблемы обучения, кроме этого, что деловые игры служат прекрасным методом в процессах принятия решений, организационного проектирования и исследования.

В настоящее время существуют различные подходы к вопросам теории деловых игр, большинство работ по деловым играм посвящены методом их описания, организации или проведения. А вопросы конкретной разработки игр рассматриваются только второстепенно. Существующие вопросы, описывающие методы разработки деловых игр, представляются, в основном, в виде замечаний или рекомендаций, за исключением нескольких работ, где вопросы конструирования игры рассматриваются довольно содержательно.

Это, в основном, работы Ефимова В.М., Комарова В.Ф. и Рыбальского В.И. [1÷3], где деловые игры рассматриваются как организационно-техническая система, в частности, автоматизированная система управления (АСУ), а также работы Гидровича С.Р. и Сыроежина И.М., Жукова Р.Ф. и Лифшица А.А. [4÷7], где деловые игры рассматриваются как составляющие активного метода обучения.

В Институте проблем управления РАН [8÷10] создание деловой игры рассматривается по схеме создания теории организационного управления, т.е. задача построения игры сводится к задаче описания организационных систем.

По работам зарубежных авторов: Р.Дьюка, М.Шубина, Ч.Чаки, Я.Мозеша и др., рассматривающих вопросы разработки деловых игр, достаточно содержательный обзор дается в работе [1].

Почти во всех концепциях конструирования игр предлагается построение сначала простых, фрагментарных или функциональных игр, а затем объединение их в единый комплекс игр, по принципу "конструктора", а также путем изменения компонентов каждой игры для создания простой или сложной деловой игры.

В данной главе предлагается методология разработки деловых игр разработанная с учетом опыта работы ведущих ученых в этом направлении.

На основе предлагаемой методологии разработан комплекс деловых игр: «Сбыт», «Распределение грузопотоков по видам транспорта», «Распределение грузопотоков по направлениям» и «Распределение ресурсов в режиме «автоматов»».

1. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ДЕЛОВЫХ ИГР

Целесообразность конструирования и проведения деловых игр определяется целью игры, которая должна способствовать повышению эффективности моделируемого процесса. Конструирование деловых игр должно проводиться в два взаимосвязанных этапа. На первом требуется определить набор деловых игр и игровые комплексы, которые необходимы для активизации учебного процесса. На втором этапе рассматривается непосредственно процесс разработки учебных автоматизированных деловых игр (Рис.1.1).

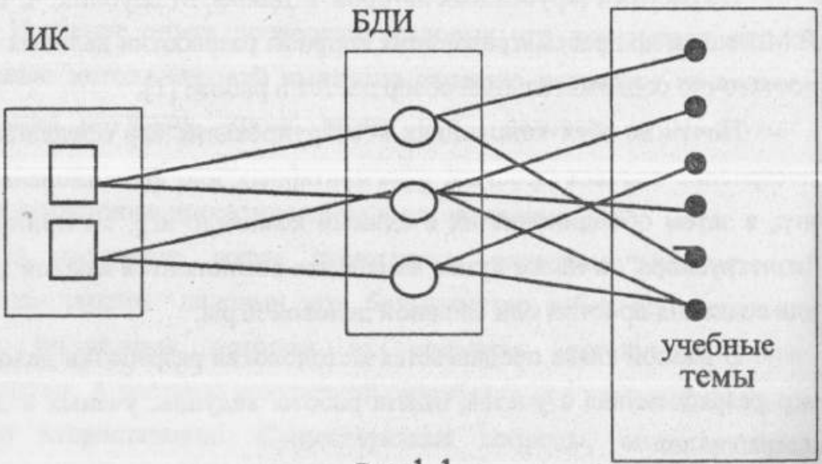


Рис.1.1.

<u>Первый этап</u>. Определение набора учебных деловых игр и игровых комплексов на основе сформулированной цели происходит в следующей последовательности:

а) Выбор множества учебного процесса (цикла), для изучения которых целесообразно использование деловых игр.

б) Определение набора деловых игр и игровых комплексов, достаточных для игровой имитации основных процедур и принципов, из выбранных учебных тем.

в) Определение очередности разработки игр:

- разработка учебных автоматизированных деловых игр;
- формирование игровых комплексов.

а) Выбор множества тем учебного процесса (цикла) должна производиться на основе метода экспертных оценок. Темы могут быть представлены в виде задач, ситуаций, процессов, подсистем и т.д. Например, в разработанных нами играх были рассмотрены темы исследования принципов управления организационных систем, определение ситуации равновесия, изучение основных функциональных подсистем АСУ (в виде процессов распределения ресурсов, сбыта готовой продукции и распределение грузопотоков) и т.д. [11÷17].

б) Определение необходимого набора учебных деловых игр и игровых комплексов, достаточных для имитации механизмов выбранных тем, проводиться на основе решения задачи о покрытий с учетом целей игр и учебных тем.

в) Очередность разработки требуемых учебных игр определяется в результате решения комбинаторной задачи с учетом затрат на разработку игры и эффективности внедрения ее в учебный процесс.

Создание комплекса игр должно проводиться по принципу "конструктора" на базе сконструированных учебных деловых игр с единой тематической направленностью и с учетом целей игрового комплекса.

Второй этап. После определения на первом этапе набора учебных деловых игр и игровых комплексов для их конструирования рассматривается второй этап - процесс разработки игры, который основывается на предлагаемой методике и состоит из следующих последовательных шагов:

а) формирование цели разрабатываемой игры;

б) конструирование компонентов игры;

в) разработка обеспечивающей части игры;

г) отладка, испытание и совершенствование игры;

д) разработка методических материалов по эксплуатации игры.

Разработку учебных деловых игр необходимо производить блочным способом. Одна и та же игра должна иметь несколько "вложенных друг в друга" блоков (описаний моделей, правил игры и др. компонентов), чтобы в зависимости от цели игры можно было конструировать по принципу "матрешки" игры различной сложности многоцелевого назначения.

а) Формированию цели разрабатываемой игры придается особое значение. Цель игры должна быть сформулирована ясно и четко, чтобы не возникли трудности и при конструировании, и при организации, и при проведении игры. В зависимости от изменения цели определяется конкретное назначение разрабатываемой игры. Например, игры для учебной цели, для учебно-исследовательской цели, для учебно-управленческой цели и др.

Цель игры должна обеспечить конструирование и создание таких базовых деловых игр (БДИ) и игровых комплексов, на основе которых можно было бы оптимальным образом использовать метод игрового имитационного моделирования в учебный процесс.

Базовой деловой игрой будем называть деловую игру, имеющую различные блоки компонентов игры, с помощью которых можно усложнять или упрощать игру.(Рис.1.2).

Таким образом, разработка базовой деловой игры для учебной, учебно-исследовательской или учебно-управленческой целей проводится на основе конструирования таких компонентов и обеспечивающей части игры, которые состоят из различных блоков, удовлетворяющих требованиям сформулированной цели игры.

Сформулированные цели игры позволяют более адекватно разрабатывать компоненты игры и ее обеспечивающую часть, а также представить программу отладки и испытания игры и инструкцию по ее эксплуатации.

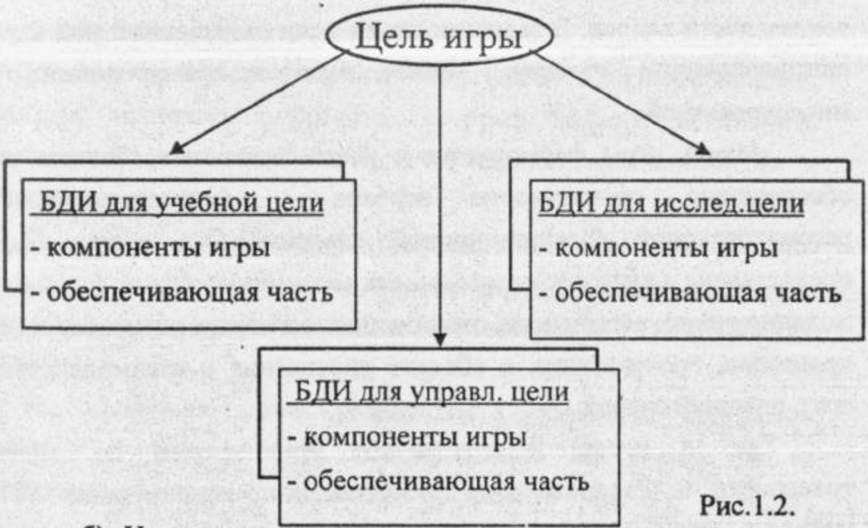


Рис.1.2.

б) На основе предлагаемой концепции к компонентам учебной имитационной игры относятся: организационная структура и участники игры, модели и правила игры. Как было предложено ранее базовая деловая игра должна содержать блоки различных организационных структур, моделей и формальных и неформальных правил игры.(Рис.1.3).

Рис. 1.3.

Определение организационной структуры и участников игры проводится на основе сформулированной цели с учетом сферы деятельности кадров. В зависимости от цели разрабатываемой игры организационная структура может быть и одноуровневой, и многоуровневой.

Модель игры формируется с учетом цели и требования по обеспечению причастности игроков у функционированию рассматриваемой организационной системы. Она может быть представлена в виде формализованных математических моделей или моделирующих алгоритмов, отражающих основные закономерности процессов, протекающих в объекте управления и взаимодействия его с внешней средой.

Так, в играх "Распределение грузопотоков по видам транспорта" и "Распределение грузопотоков по направлениям" [11] модель игры представляется в виде формализованных математических моделей, описывающих распределение грузопотоков по видам транспорта и направлениям. Затраты на перевозку грузов описаны в виде линейной и нелинейной функций. Модели учитывают применение системы штрафов и различных принципов распределения грузопотоков.

В правилах игры также учитывается цель игры и вместе с ней особенности модели и нормативные положения, принятые в рассматриваемой системе.

Например, в игре "Сбыт" [13], разработанной для исследования особенностей организационного механизма, правила игры позволяют анализировать принципы управления и учитывать особенности структурных связей и модели игры, описывающей динамику поставок готовой продукции в условиях дефицита. Также в правила игры входят нормативные положения о поставках продукции и фиксируются введения коэффициентов потерь и штрафов.

в) Разработка обеспечивающей части игры при конструировании автоматизированной деловой игры состоит из разработки программно-языкового и информационного обеспечения и выбора технических средств, которые должны обеспечить эффективную реализацию сконструированной деловой игры в диалоговом режиме.

Разработанные игры сконструированы на основе программно-языкового и информационного обеспечения на языке Паскаль с использованием программы симплексного метода на ПЭВМ 486- DX 4/100/8/1,3 /.

На последних этапах разработки составляется программа отладки и испытания игры и оформляется инструкция по ее эксплуатации, которые должны обеспечить оценку качества сконструированной игры, и ее организацию и проведение.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ ИГРЫ НА ЭВМ

Любая деловая игра может быть реализована на ЭВМ. Практика применения деловых игр подтверждает неоспоримые преимущества игр, сконструированных с использованием ЭВМ, перед играми, разработанными в ручном варианте.

Автоматизация деловых игр расширяет их возможности, позволяет моделировать сложные игровые ситуации, повышает эффективность процессов принятия решений, обработки информации и совершенствует профессиональную подготовку специалистов в результате использования ими средств вычислительной техники и компьютеризации обучения.

Автоматизированными деловыми играми будем называть деловые игры, сконструированные с использованием технических средств на основе программно-языкового и информационного обеспечения.

Из примера реализации игры на ЭВМ видно, что игра проходит динамично и вызывает активный интерес участников. Игровой цикл позволяет в течение одного занятия провести и проанализировать несколько вариантов игры с различными принципами управления, в том числе и с применением автоматов. Все начальные, промежуточные и конечные результаты можно получить в виде распечатки программы за любой период игры. Последовательность проведения игры на ЭВМ показан на рис.2.

При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме "автомат", когда вместо некоторых или всех участников играет ЭВМ.

Представляет научный интерес сравнение стратегий людей со стратегиями "автоматов". ЭВМ (автомат) может играть за любое количество игроков . В режиме "автомат" можно проводить игру в любом варианте.

Возможно применение "автоматов" с более сложными стратегиями, например, построенными на основе принципа индикаторного поведения [18].

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИГРЫ НА ЭВМ

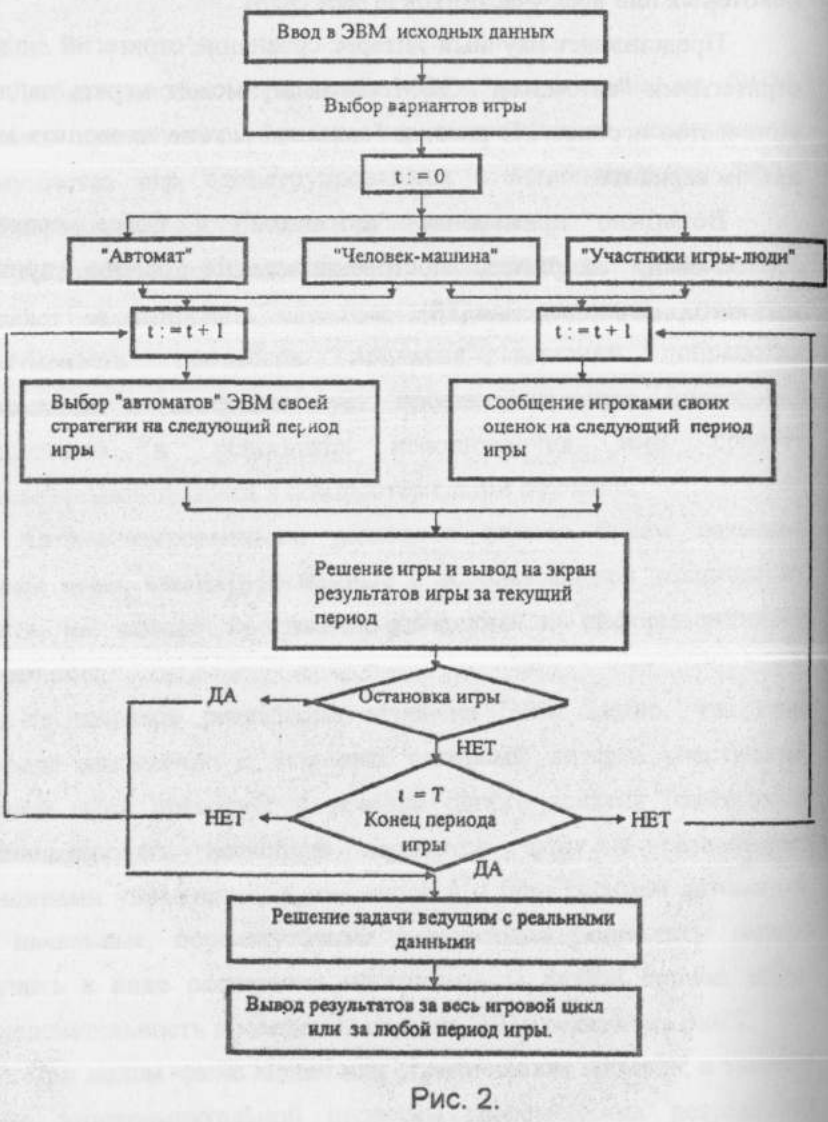


Рис. 2.

3. ДЕЛОВАЯ ИГРА «СБЫТ»

Деловая игра "Сбыт" предназначается для моделирования взаимоотношений между предприятием - поставщиком и предприятиями - потребителями в процессе сбыта готовой продукции.

Цель деловой игры - обучение студентов и хозяйственных руководителей принятию рациональных решений в процессе сбыта готовой продукции и анализ процесса управления сбытом.

<u>Описание моделируемой ситуации</u>

В деловой игре рассматривается случай дефицита продукции, когда суммарный объем заказов на досрочную поставку превышает производственные возможности поставщика.

Сделаны следующие предположения:

- предприятия (поставщик и потребители) относятся к одной отрасли;

- объем поставляемой готовой продукции потребителям не превышает объем выпуска продукции поставщиком;

- для каждого потребителя объем досрочно поставляемой ему продукции не превышает объема его заказа;

- поставщик не знает достоверно объемов необходимой продукции для каждого потребителя и значений коэффициентов их потерь от задержек поставки продукции, он знает лишь границы, в пределах которых могут изменяться эти величины;

- задачей предприятия - потребителя является минимизация суммарных издержек, связанных с покупкой продукции;

- предприятие - поставщик стремится составить план отгрузки готовой продукции, минимизирующий суммарные потери потребителей.

Вследствие неполной информированности поставщика возникает игровая ситуация, поскольку каждый потребитель старается минимизировать только свои потери от покупки требуемой продукции.

Интерес к исследованию именно этой ситуации вызван тем, что при нехватке поставляемой продукции потребители несут большие убытки по сравнению с потерями от ее хранения.

Для анализа процесса управления сбытом готовой продукции сравниваются четыре закона управления: закон жесткой централизации без штрафования, закон согласованного управления без штрафования и те же законы управления со штрафами [21]. Этот случай отражает реальную ситуацию, когда потребители и поставщик согласно договоров-контрактов могут наладить контроль за потерями от недопоставки продукции.

Функционирование системы условно разбивается на этапы и представляется следующим образом:

а) на этапе сбора информации (заявок на поставки) каждый потребитель сообщает поставщику свою оценку коэффициента потерь от недополучения продукции (она определяет важность, срочность заказа);

б)на этапе планирования поставок поставщик решает задачу оптимального планирования и сообщает каждому потребителю величину поставок, определенную в ходе решения задачи.

Если применялся закон согласованного управления, тогда сообщается и значение надбавки к цене за поставку продукции.

Задача решается на ЭВМ с применением алгоритма "симплекс метода".

в) на этапе реализации потребители и поставщик вычисляют значения своих целевых функций (величины потерь от дефицита сырья).

Описание модели игры

Обозначим:

$\mathbf{x_i}$ - объем досрочно поставляемой готовой продукции **i** - му потребителю;

$\mathbf{R_i}$ - объем заказа **i** - го потребителя;

$\mathbf{B}$ - дополнительный выпуск готовой продукции поставщиком;

μ_i - коэффициент потерь потребителя **i** от дефицита сырья (удельные потери);

λ - надбавка к цене за досрочную поставку продукции;

$\mathbf{d_i}$ - коэффициент штрафа потребителя **i** за недостоверную информацию;

Задачей поставщика является определение таких $\mathbf{x_i}$, которые обеспечивают минимизацию суммарных потерь

$$\mathbf{F} = \sum_{i=1}^{n} \mu_i(\mathbf{R_i} - \mathbf{x_i}) \rightarrow \mathbf{min} \text{ (3.1)} \qquad (3.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^{n} \mathbf{x_i} \leq \mathbf{B} \text{ (3.2)} \qquad (3.2)$$

$$x_i \le R_i \ , \ i = \overline{1,n} \ (3.3) \tag{3.3}$$

Целевая функция i - го потребителя имеет вид:

$$f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i) \to \min, \ i = \overline{1,n} \tag{3.4}$$

Если применяются законы управления со штрафами, тогда

$$f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i) + d_i |\mu_i - \mu 1_i| R_i \to \min \tag{3.5}$$

где $\mu 1_i$ - оценка величины μ_i, которую сообщает поставщику i -ый потребитель; $\underline{M}_i \le \mu 1_i \le \overline{M}_i$, $\underline{M}_i, \overline{M}_i$ - соответственно нижние и верхние границы изменения величины μ_i, $i = 1 \div n$.

Поставщик собирает информацию от потребителей о срочности поставок. Информация поступает в форме оценок $\{\mu_i\}$. После этого поставщик решает задачу оптимального планирования поставок, применяя законы жесткой централизации или согласованного управления.

а) Закон жесткой централизации. В этом случае надбавка к цене за срочность поставки λ - заранее известная величина. Поставщик решает задачу:

$$F = \sum_{i=1}^{n} \mu 1_i (R_i - x_i) \to \min \tag{3.6}$$

при условиях (3.2 ÷ 3.3).

б) Закон согласованного управления. В этом случае λ определяется в ходе решения задачи (3.6, 3.2, 3.3) с учетом следующих дополнительных условий:

$$(\lambda - \mu_i)x_i = \min_{0 \le Z_i \le R_i} (\lambda - \mu_i)z_i, \; i = 1 \div n \qquad (3.7)$$

Условия (3.7) обеспечивают согласование интересов поставщика с интересами потребителей.

На этапе реализации потребитель вычисляет значения своих целевых функций по формуле (3.4) или (3.5).

Поставщик определяет величину своей целевой функции по формуле (3.1).

<u>**Предварительный анализ игры**</u>

Как было сказано ранее, игровая ситуация возникает из-за того, что каждый потребитель старается оптимизировать только свою целевую функцию и, пользуясь неполной информированностью поставщика, может сообщать ему оценку величины μ_i, отличающуюся от достоверного значения.

Случай жесткой централизации. $\lambda = \text{const}$, $d_i = 0$, целевая функция потребителя записывается в виде

$$f_i = (\lambda - \mu_i)x_i + \mu_i R_i \to \min$$

Отсюда видно, то при $\lambda > \mu_i$ потребителям выгодно занижать оценки, $\mu 1_i < \mu_i$. А при $\lambda < \mu_i$ - наоборот, будет иметь место тенденция к завышению оценок: $\mu 1_i > \mu_i$

Таким образом, в зависимости от величин λ и μ_i одни потребители сильно занижают собираемые оценки, а другие – наоборот, сообщают оценку намного большую, чем истинное значение своего μ_i

Вероятнее всего, что величина целевой функции поставщика в этих условиях будет далекой от оптимального значения.

Случай согласованного управления, $d_i = 0$. Предположим, что потребители не учитывают влияния своих сообщаемых оценок $\{\mu 1_i\}$ на величину λ. Тогда при соблюдении условий согласования (3.7), которые можно записать в вид:

если $\mu 1_i < \lambda$, то $x_i = 0$ (3.8)

если $\mu 1_i > \lambda$, то $x_i = R_i$, $i = 1 \div n$

Справедливы следующие выражения:

если $\mu_i < \lambda$, то $x_i = 0$;

если $\mu_i > \lambda$, то $x_i = R_i$, $i = 1 \div n$,

описывающие равновесное состояние системы. Чтобы попасть в равновесное состояние i-ый потребитель должен сообщать поставщику оценку $\mu 1_i = \mu_i$, $i = \overline{1,n}$.

План, получаемый поставщиком при решении задачи (3.6, 3.7, 3.2, 3.3) на основании оценок $\{\mu 1_i^*\}$, является оптимальным согласованным планом.

Случай со штрафованием, $d_i > 0$.

При жесткой централизации, $\lambda = \text{const}$, и применении слабых штрафов $0 < d_i < 1$, $i = \overline{1,n}$ в состоянии равновесия трудно добиться получения достоверной информации.

Только при сильном штрафовании, когда $d_i \geq 1$, $i = \overline{1,n}$, потребители сообщают достоверную информацию $\mu 1_i^* = \mu_i$, $i = \overline{1,n}$ и система приходит в равновесное состояние, обеспечивающее получение достоверных оценок.

При случае согласованного управления достаточно слабого штрафа $0 < d_i < 1$, $i = \overline{1,n}$, чтобы система находилась в равновесном состоянии и потребители сообщали бы $\mu 1_i^* = \mu_i$, $i = \overline{1,n}$.

Выбор и назначение исходных данных

Исходные данные должны быть выбраны из следующих соображений:

1) так как рассматриваются предприятия, близкие по мощностям (одного класса), то среди предприятий-потребителей не должно быть "монополистов";

2) истинные значения коэффициентов потерь μ_i должны отличаться от предельных значений $(\underline{M}_i, \overline{M}_i)$;

значение B должно удовлетворять условию $\sum_{i=1}^{n} R_i > B$, так как рассматривается случай дефицита продукции;

для того, чтобы наиболее ярко проиллюстрировать заинтересованность потребителей искажать сообщаемую информацию при планировании поставок продукции в условиях жесткой централизации, целесообразно, чтобы выполнялись условия $\lambda_{жц} \le \min_i \mu_i$ или $\lambda_{жц} \ge \max_i \mu_i$.

<u>Порядок реализации игры на ЭВМ</u>

Использование вычислительной техники позволяет расширить возможности деловой игры; игру можно проводить в учебных целях с участниками или в режиме автоматов с целью исследования влияния различных параметров на результаты игры.

Примечание: деловая игра “Сбыт” реализована на ЭВМ.

Одна партия игры – от ввода данных в ЭВМ до вывода результатов на дисплей – занимает менее 10 секунд машинного времени. Игровой цикл, состоящий из 18-24 партий, проходит за 20-25 минут, что позволяет в течение одного занятия провести и проанализировать несколько вариантов игры с различными законами управления, в том числе и с применением “автоматов”. Все начальные, промежуточные и конечные результаты можно получить в виде распечатки.

После загрузки программы и появления на экране трафарета “Ввод исходной информации” оператор (ведущий) вводит соответствующие команды или необходимые данные в порядке поступления запросов с ЭВМ. Запросы формируются в следующем виде:

1. Вариант игры: жесткая централизация, согласованное управление; жесткая централизация со штрафом или согласованное управление со штрафом.

2. Характеристика поставщика – объем дополнительного выпуска к моменту получения заявок на поставку.

3. Характеристика потребителей:

3.1. Общее количество потребителей.

3.2. По каждому предприятию:

Объем требуемой поставки.

Истинное значение удельных издержек от нехватки продукции.

Количество периодов игры.

Вариант игры: в режиме "автоматов" или без него.

Штрафы за недостоверную информацию.

7. Фиксированная надбавка к цене за срочность поставки (при жесткой централизации).

8. Если выбрать вариант игры в режиме автоматов, то добавляются:

Номера предприятий, за которые будут играть участники игры;

Начальные оценки удельных издержек по предприятиям.

Автомат может играть за любое количество предприятий-потребителей готовой продукции (в данной игре потребителей может быть от 1 до 7).

После ввода исходной информации начинается партия игры:

- участники игры записывают свои оценки удельных издержек и сообщают их оператору;

- оператор вводит эти оценки в порядке, соответствующем номерам предприятий и нажимает на кнопку "ввод" для решения задачи оптимального планирования;

- на экран дисплея и на печать выводятся:

- номер периода игры (месяца);

- вариант игры: “Жесткая централизация” или “Согласованное управление”;

- для всех предприятий:

- NN предприятий;

- величина поставки;

- затраты (в данном периоде);

- суммарные затраты (с начала игры);

- величина потерь поставщика (отрасли);

- штраф;

- надбавка к цене за срочность поставки.

Выведенная информация является общей, доступной для всех участников игры. Участники игры должны зафиксировать относящиеся к их предприятиям данные, проанализировать итоги прошедшего и принять решения на очередную партию игры.

<u>Организация и проведение игры</u>

1.Отбираются участники игры, n = 4 ÷ 6 команд (по 1-3 человек). Назначаются ведущий и оператор, последний может играть роль поставщика.

2. Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры.

3.Ведущий выбирает вариант игры (жесткая централизация, согласованное управление, жесткая централизация со штрафом или согласованное управление со штрафом).

4.Ведущий объясняет основные правила игры: порядок подачи заявок, вид целевых функций поставщика и потребителя, количество имитируемых периодов, сведения о поставщике, об использовании "автоматов" в качестве участников игры, если игра в режиме "автоматов", раздает участникам игры карточки - бланки (табл.3.3.) с основными сведениями о предприятиях - потребителях, сам заполняет бланк № 1 (табл.3.1.) с реальными данными

$$\mathbf{B},\ \mathbf{R_i},\ \mu_i,\ \mathbf{d_i},\ \underline{\mathbf{M}_i},\ \overline{\mathbf{M}}_i,\ \mathbf{i=1\div n},\ \lambda$$

если жесткая централизация.

5.Участники изучают характеристики своих предприятий и намечают стратегию игры.

6. Оператор вводит в ЭВМ необходимые команды и исходные данные для проведения игры.

7. **Начало игры:** участники принимают решение о заявках на досрочную поставку в очередной период, заносят его, не показывая другим участникам, â бланк (табл.3.3) и сообщают оценки $\mu 1_i$ оператору.

8. Оператор вводит их оценки $\{\mu_i\}$ в ЭВМ и дает команду для решения задачи.

9.Оператор сообщает план досрочных поставок, полученный в ходе решения задачи, каждому участнику игры (все результаты выводятся на экран дисплея). Участники заносят результаты, соответствующие их предприятиям, в свои бланки (табл.3.3.) и анализируют их. Оператор может также заполнять табл.3.2.

Пункты 7 - 9 повторяются до окончания игрового цикла.

10.Ведущий вводит в ЭВМ реальные данные $\{\mu_i\}$ и дает команду для решения задачи.

11. После окончания всего периода игры производится распечатка с ЭВМ графиков изменения сообщаемых оценок,

надбавки к цене, значений целевых функций потребителей и поставщика в зависимости от периодов игры.

12. Сравниваются результаты, полученные в ходе игры, с результатами, полученными в п. 10.

13. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждение стратегий отдельных участников.

14. Ведущим подводится итог прошедшего первого цикла, проводится выявление и награждение победителей.

<u>**Реализация игры в режиме “автоматов”**</u>

При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме “автоматов”.

Термин “автомат” определяет совокупность блока управления, который может пребывать в различных состояниях (внутренних состояниях автомата), а также устройства для ввода и вывода команд.

Функционирование автомата происходит следующим образом: через входное устройство в t-момент времени сигнал команды поступает в блок управления, где в соответствии с разработанной программой (стратегией) “автомат” будет переходить из одного внутреннего состояния в другое. Затем выходное устройство выдает команду, соответствующую t-му текущему состоянию “автомата”.

Представляет интерес сравнение стратегий людей со стратегиями “автоматов”. В режиме “автоматов” можно проводить игру в любом варианте.

ЭВМ (“автомат”) может играть за любое количество игроков (предприятий-потребителей).

Стратегии "автоматов" определяются заранее по выбранному алгоритму. В частности, после очередной партии игры ЭВМ сравнивает значения своей целевой функции в текущей партии со значением в предыдущей партии. Если текущее значение более выигрышное, чем предыдущее, то "автомат" делает еще один шаг (длина шага больше или равна "1") в этом направлении, если проигрышное, то возвращается в предыдущее положение и в следующем ходе, если к этому периоду значение целевой функции не меняется, "автомат" делает ход в обратном направлении и т.д.

Если в обоих направлениях проигрышные стратегии, то "автомат" придерживается исходной выигрышной стратегии.

Таблица 3.1 (Ведущему)

РЕАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

№ № предприятий-потребителей	1	2	3	4	5
R_i	25	25	30	30	20
μ_i	6	8	5	7	8
$\underline{M}_i \le \mu 1_i \le \overline{M}_i$	[1,10]	[1,10]	[1,10]	[1,10]	[1,10]
d_i	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$B = 85$ $\lambda^* = 5$					

Таблица 3.2 (Ведущему)

№ №	$F = \sum_{i=1}^{n} \mu_i (R_i - x_i) \to \min$											
парт ии	$\mu 1_i$					λ	x_i					F
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
1	10	8	8	9	9	8	25	4	6	30	20	288
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица 3.3 (Участнику)

Предприятие № i, $f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i)$ $R_i = 30$, $\mu_i = 7$, $1 \le \mu 1_i \le 10$			
№ партии	1	2	....
$\mu 1_i$	9	...	....
x_i	30	...	....
f_i	150	...	....
λ^*	5	...	....

*При жесткой централизации $\lambda = \mathrm{const}$

Обсуждение результатов игры

Деловая игра "Сбыт" была применена для экспериментального исследования законов жесткой централизации и согласованного управления. Исследовались следующие случаи.

Закон жесткой централизации (со штрафами и без штрафов за искажение информации о коэффициентах потерь).

Закон согласованного управления.

Оба случая исследовались в режимах игры участников (людей) и игры людей с участием автоматов.

Всего было проведено порядка 100 игр по 10-15 партий каждая.

Типичное поведение участников (или автоматов) для различных случаев проведено на рис.3.1÷ 3.13.

График рис.3.1 соответствует закону жесткой централизации без штрафов за искажение информации. У всех игроков явная тенденция к завышению оценок $\mu 1_i$. К концу игры все игроки сообщают максимально допустимые величины оценок $\mu 1_i$, что соответствует ситуации равновесия.

На рис.3.2 и 3.3 приведены графики изменения оценок (рис.3.2) и значений целевых функций (рис.3.3) для случая жесткой централизации со штрафами за отклонение $\mu 1_i$ от μ_i (штрафная функция имеет вид $0{,}5\,|\,\mu_i - \mu 1_i|$). Функционирование систем при введении штрафов улучшается. Так, игроки 2 и 5 сообщают оценки, близкие к достоверным. Однако тенденция к увеличению оценок сохранилась, что видно по поведению игроков 1,3 и 4. Случай закона согласованного управления приведен на рис.3.4 и 3.5. К концу игры все участники сообщают достоверные оценки $\mu 1_i = \mu_i$, что соответствует ситуации равновесия при гипотезе слабого влияния. Потери в системе при этом равны минимальным (рис.3.5).

Пример игры автоматов приведен на рис.3.6, 3.7 (случай жесткой централизации). Обращает внимание тот факт, что автоматы сразу начинают "играть на повышение", что соответствует поведению опытного игрока. Рис.3.8, 3.9 иллюстрируют игру автоматов в случае "сильных штрафов" (штрафная функция равна $|\mu_i - s_i|$).

Наконец, рис. 3.10 ÷ 3.13 иллюстрируют игру с одновременным участием людей и автоматов (в игре, показанной на рис. 3.10, 3.11 только первый игрок- человек, а в игре, показанный на рис. 3.12, 3.13, - первый и третий). В обоих случаях применялся закон согласованного управления. Легко видеть, что к концу игры и автоматы, и люди выходят на устойчивое сообщение оценок, равных истинным (при небольших колебаниях ± 1 некоторых автоматов, вызванных пробными движениями). Стратегии автоматов и людей качественно близки, за исключением ряда "случайных выбросов" у людей (отмечены звездочкой на рисунках), что объясняется, вероятно, желанием посмотреть: "а что будет?" эти выбросы явно не рациональны, поскольку завышение оценок в случае закона согласованного управления не может привести к уменьшению потерь, что легко показать теоретически, и что видно из графиков целевых функций первого игрока (рис.3.11), а также первого и третьего игроков (рис.3.13). Таким образом, проведенные экспериментальные деловые игры подтвердили эффективность закона согласованного управления в системе "поставщик - потребители". Второй вывод связан с экспериментальным обоснованием гипотезы слабого влияния при числе игроков, равном 5 (или более). Действительно, устойчивые стратегии игроков в случае закона согласованного управления соответствуют ситуации равновесия при гипотезе слабого влияния.

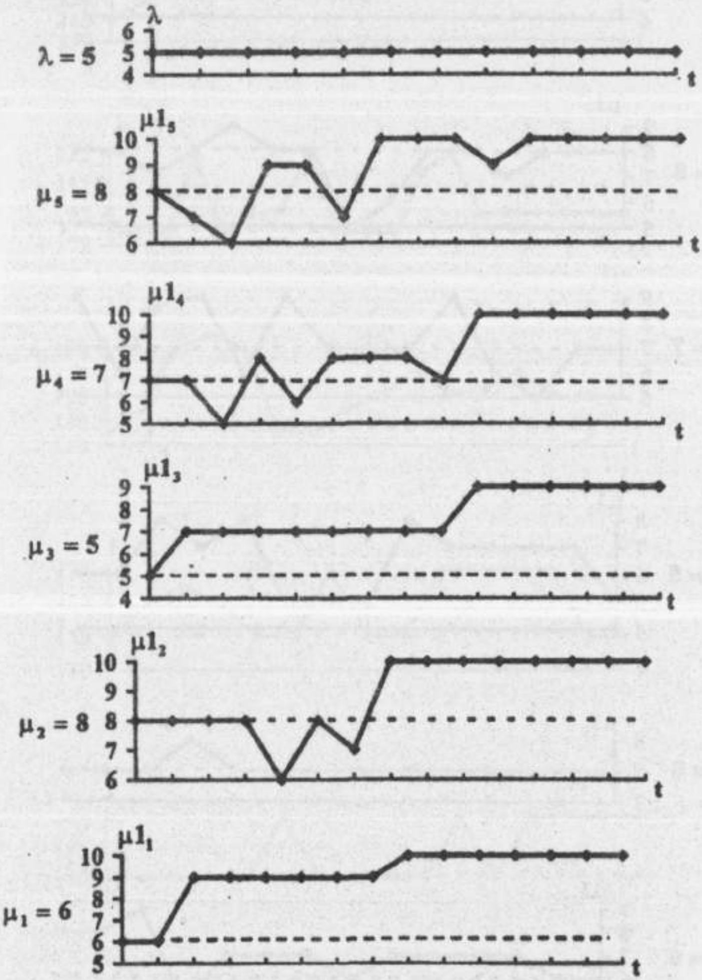


Рис.3.1.

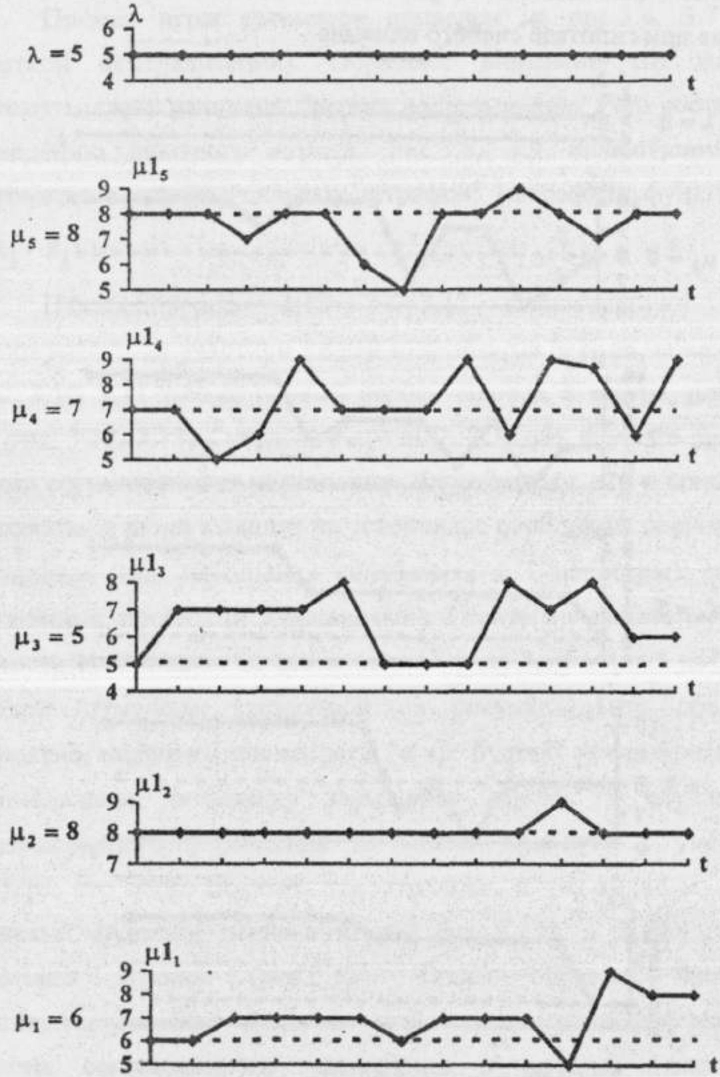

λ
λ = 5
6
5
4
t
μ1₅
μ₅ = 8
9
8
7
6
5
t
μ1₄
μ₄ = 7
9
8
7
6
5
t
μ1₃
μ₃ = 5
8
7
6
5
4
t
μ1₂
μ₂ = 8
9
8
7
t
μ1₁
μ₁ = 6
9
8
7
6
5
t

Рис.3.2

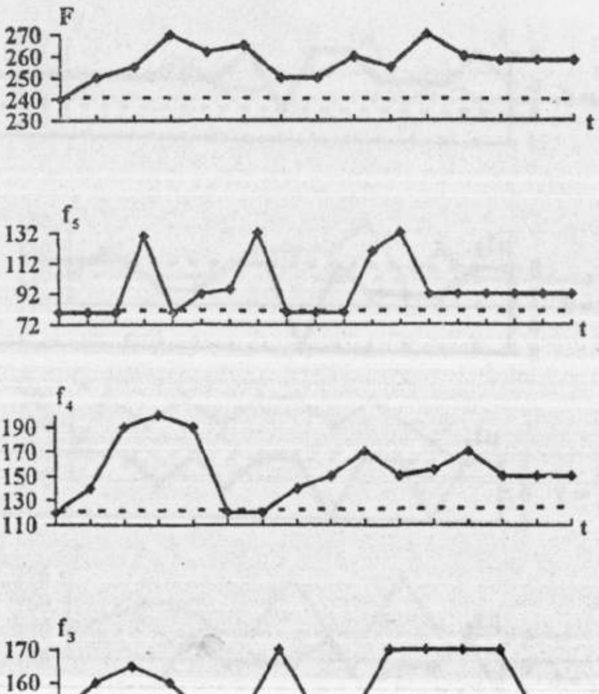

F
270
260
250
240
230
t
f5
132
112
92
72
t
f4
190
170
150
130
110
t
f3
170
160
150
140
t
f2
120
110
100
90
t
f1
140
130
120
t

Рис.3.3

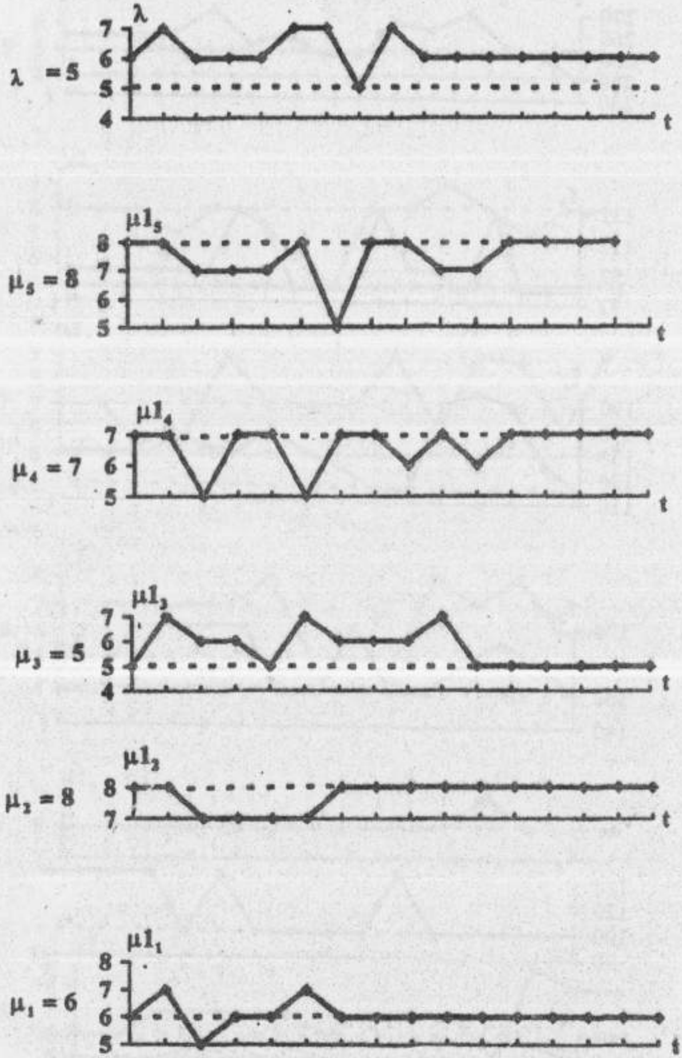


Рис.3.4.

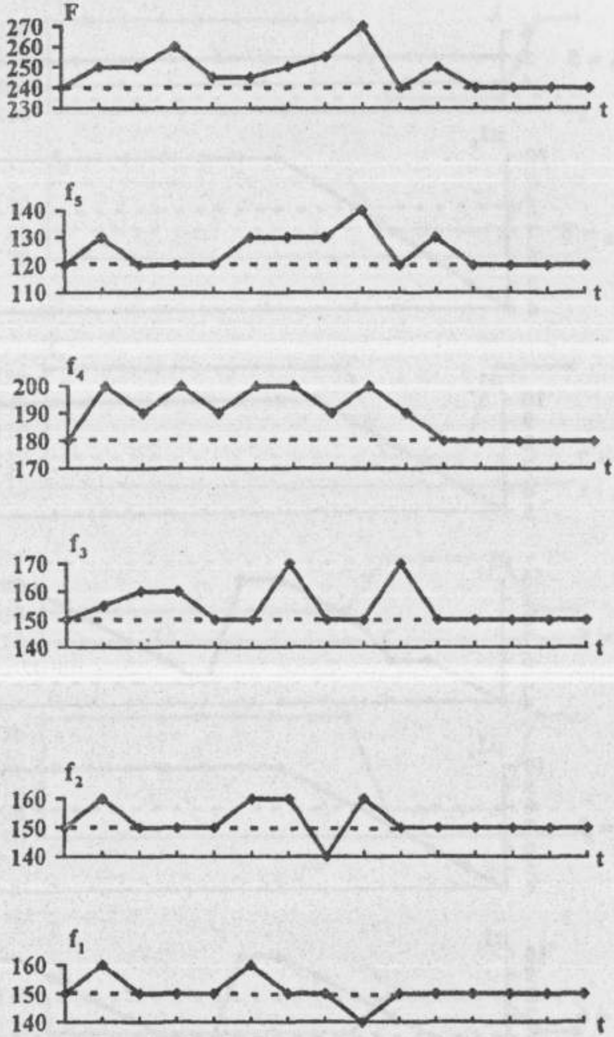

F
270
260
250
240
230
t
f5
140
130
120
110
t
f4
200
190
180
170
t
f3
170
160
150
140
t
f2
160
150
140
t
f1
160
150
140
t

Рис. 3.5.

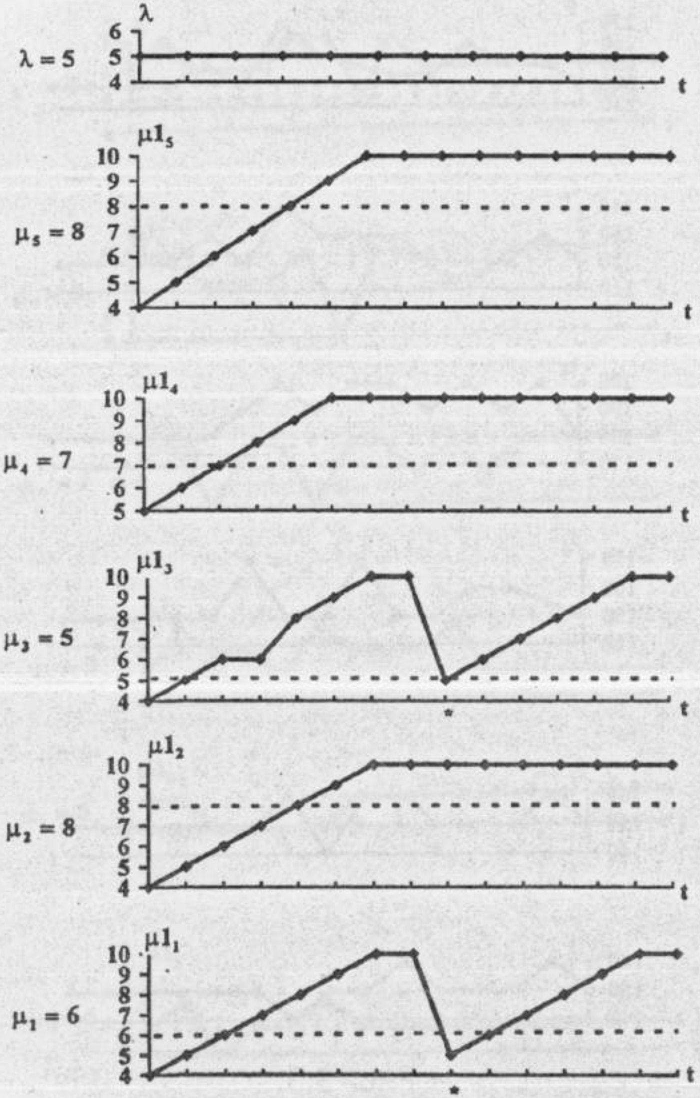

λ
λ = 5
6
5
4
t
μ1₅
$\mu_5 = 8$
10
9
8
7
6
5
4
t
μ1₄
$\mu_4 = 7$
10
9
8
7
6
5
t
μ1₃
$\mu_3 = 5$
10
9
8
7
6
5
4
t
*
μ1₂
$\mu_2 = 8$
10
9
8
7
6
5
4
t
μ1₁
$\mu_1 = 6$
10
9
8
7
6
5
4
t
*

Рис. 3.6.

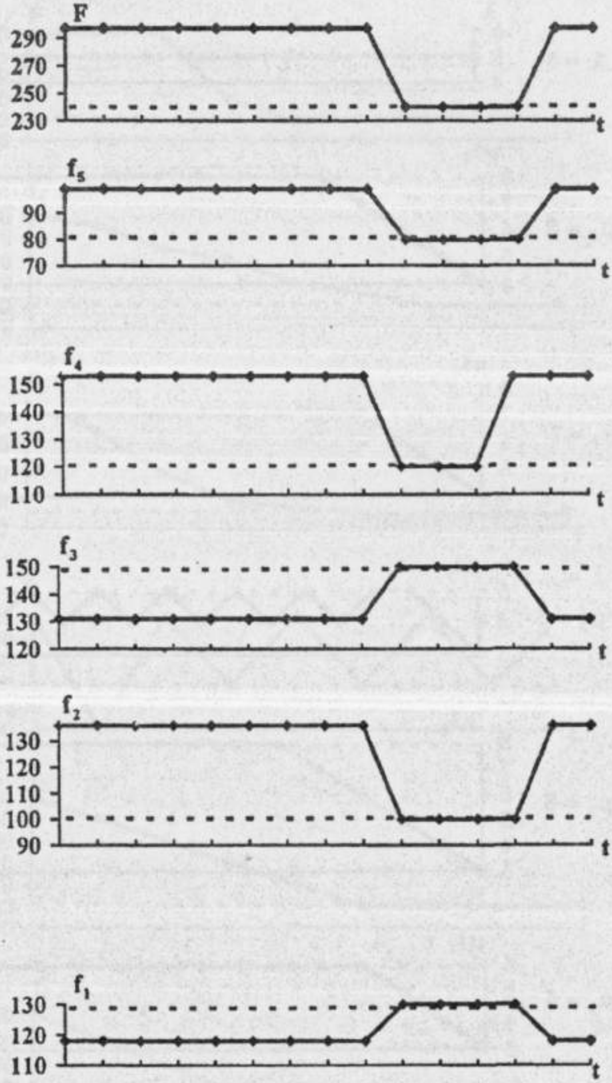

F
290
270
250
230
t
f5
90
80
70
t
f4
150
140
130
120
110
t
f3
150
140
130
120
t
f2
130
120
110
100
90
t
f1
130
120
110
t

Рис. 3.7.

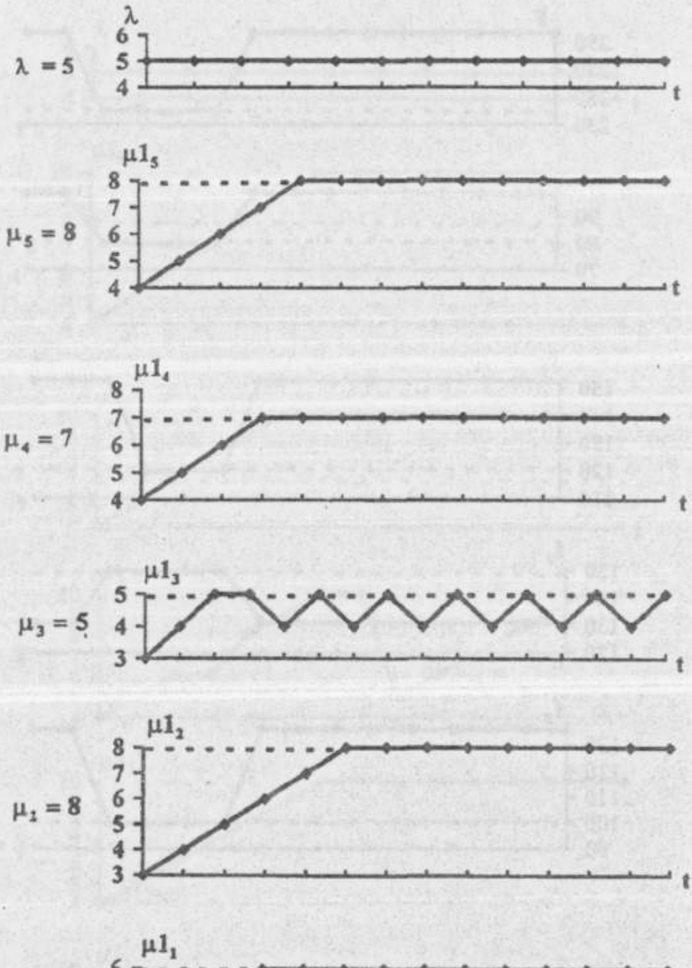


Рис. 3.8.

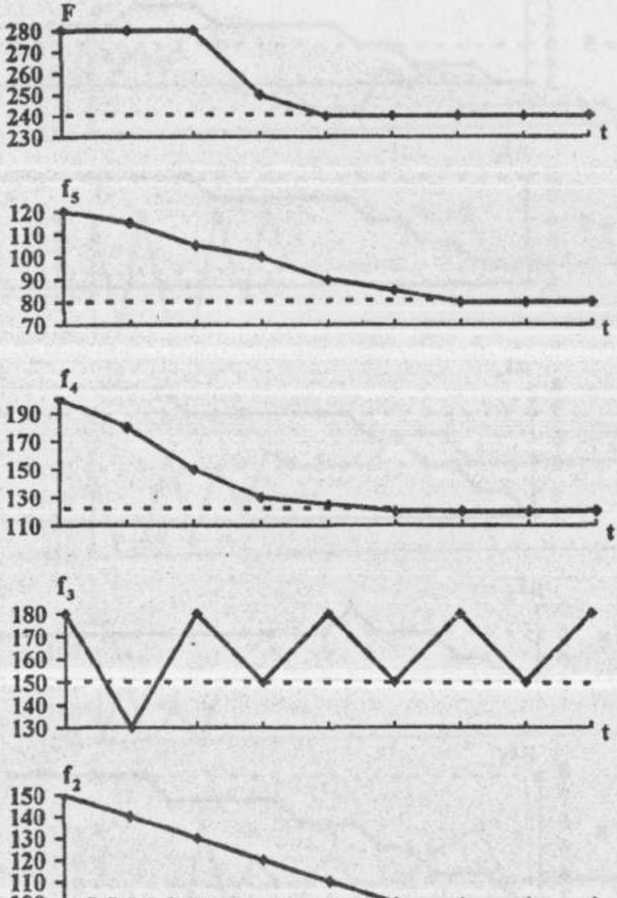

F
280
270
260
250
240
230
t
f5
120
110
100
90
80
70
t
f4
190
170
150
130
110
t
f3
180
170
160
150
140
130
t
f2
150
140
130
120
110
100
90
t
f1
150
140
130
120
t

Рис. 3.9.

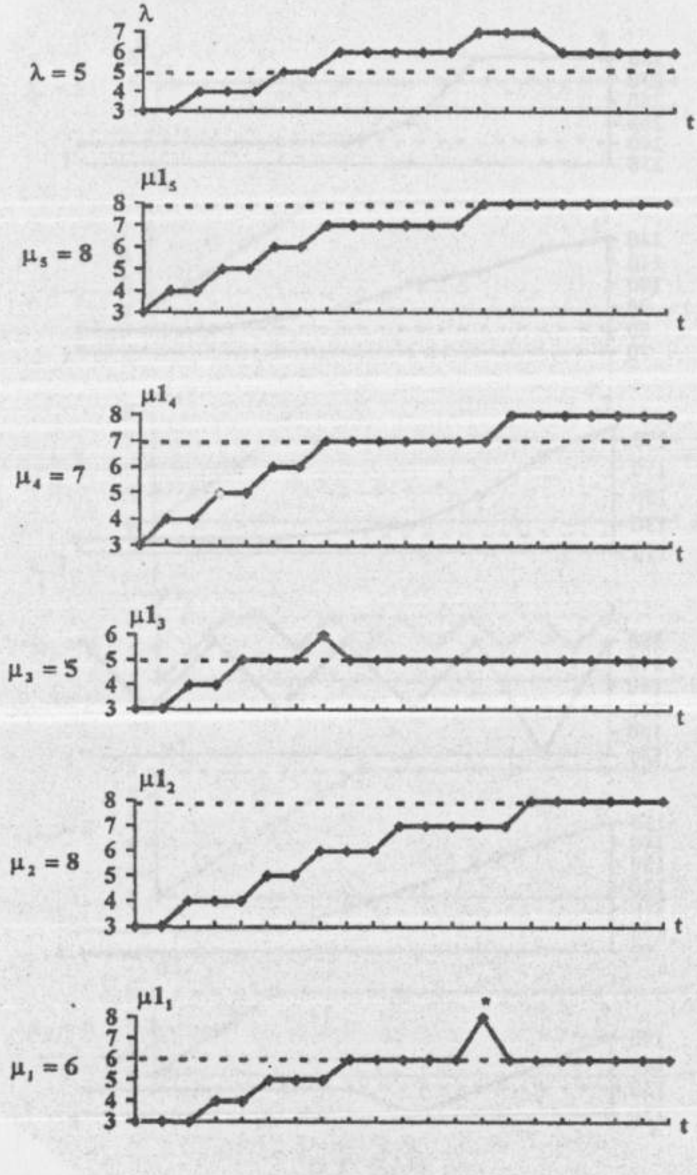


Рис. 3.10.

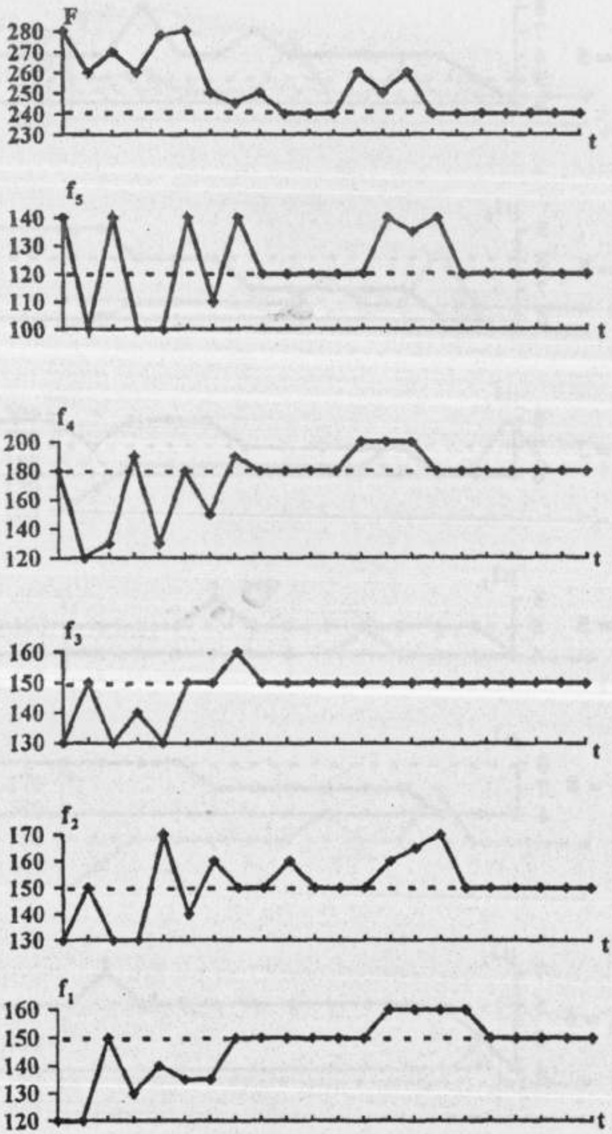

F
280
270
260
250
240
230
t
f5
140
130
120
110
100
t
f4
200
180
160
140
120
t
f3
160
150
140
130
t
f2
170
160
150
140
130
t
f1
160
150
140
130
120
t

Рис. 3.11.

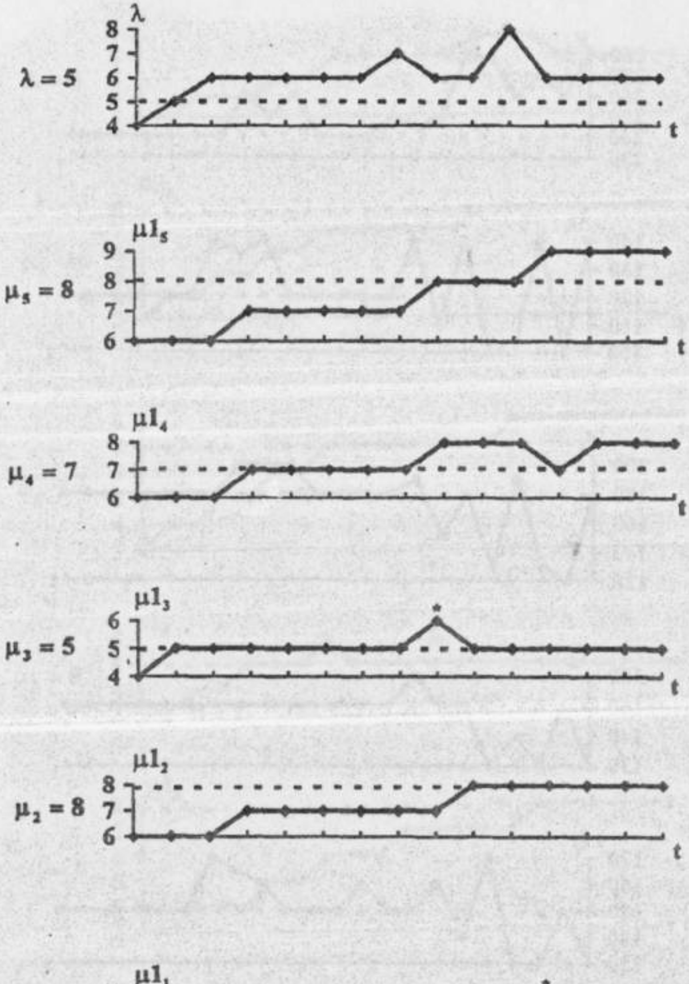


Рис. 3.12.

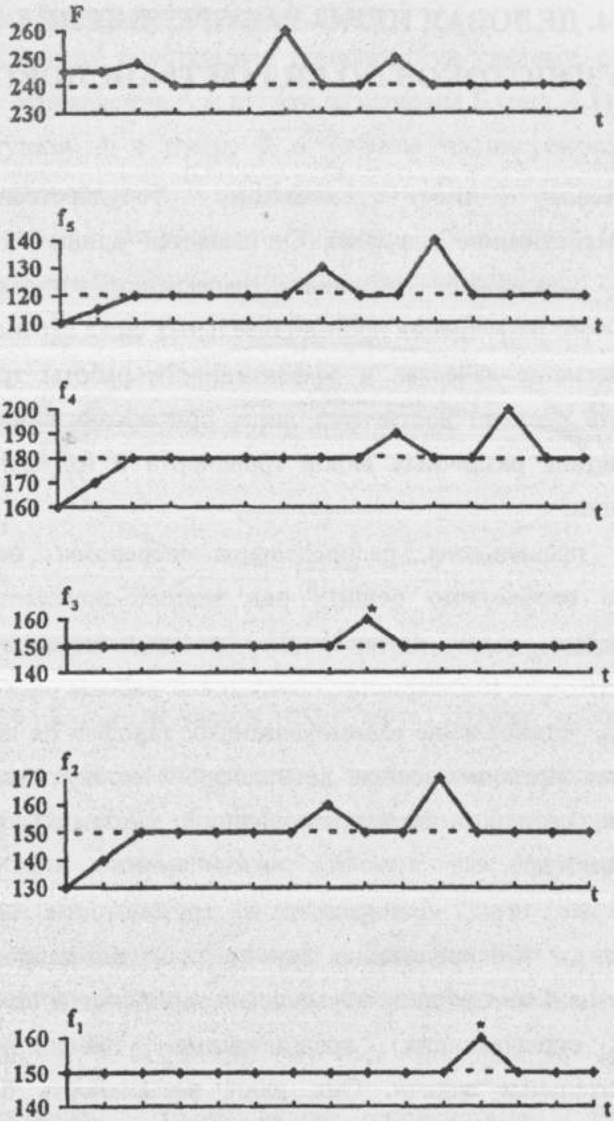

F
260
250
240
230
t
f_5
140
130
120
110
t
f_4
200
190
180
170
160
t
f_3
160
150
140
t
f_2
170
160
150
140
130
t
f_1
160
150
140
t

Рис. 3.13.

4. ДЕЛОВАЯ ИГРА «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОТОКОВ ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА»

Транспорт имеет важнейшее государственное и народнохозяйственное значение. Он является одним из главных факторов успешного развития экономики и культуры, рационального размещения производительных сил в стране.

Повышение качества и эффективности работы транспорта может быть реально достигнуто лишь при организации четкого взаимодействия различных видов транспорта и их комплексной эксплуатации.

Для правильного распределения перевозок по видам транспорта необходимо решить ряд технико-экономических и управленческих задач: согласованное распределение перевозок, создание системы соизмеримых показателей работы разных видов транспорта, установление взаимоувязанных тарифов на перевозки, определение правовых основ комплексной эксплуатации видов транспорта, создание автоматизированной системы управления транспортом и др.

Деловые игры «Распределение грузопотоков по видам транспорта» и «Распределение грузопотоков по направлениям» построены на базе простых формальных линейных и нелинейных моделей, описывающих традиционные транспортные и распределительные задачи. Они дают возможность быстро и наглядно анализировать действия различных принципов и законов управления в транспортных системах.

Содержательное описание игры

Рассмотрим простейшую транспортную систему, состоящую из пункта отправления А и пункта назначения Б (рис. 4.1). Примем, что из пункта А в пункт Б в течение планируемого периода необходимо перевезти R единицы груза. Перевозка груза может осуществляться различными видами транспорта (например, железнодорожным, речным, морским, автомобильным и т.д.).

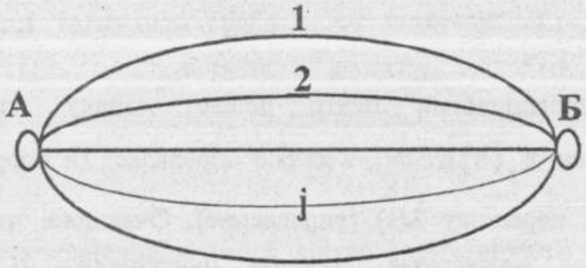


Рис.4.1

Обозначим через $\varphi_j(x_j)$ затраты на перевозку груза в количестве x_j, j-ым видом транспорта. Задача заключается в определении объемов перевозок, выполненных каждым видом транспорта так, чтобы общие (совокупные) затраты в транспортной системе были минимальными. Примем, что координационный центр решает задачу распределения грузопотоков между различными видами транспорта. Для решения этой задачи координационный центр должен иметь информацию о функциях затрат $\varphi_j(x_j)$. Примем, что эта информация имеется в соответствующей транспортной подсистеме. Рассмотрим следующий механизм функционирования координационного центра.

Каждая транспортная подсистема сообщает в координационный центр информацию о затратах на перевозку грузов. В дальнейшем примем, что функции $\varphi_j(x_j, r_j)$ заданы в параметрическом виде и известны в координационном центре с точностью до параметра r_j. В этом случае каждая транспортная подсистема сообщает в координационный центр оценку s_j параметра r_j.

Координационный центр решает задачу определения грузопотоков $x_j(s)$ (план), а также определяет (и корректирует) тарифы на перевозку $\lambda(s)$ (управление). Очевидно, что каждая транспортная подсистема, сообщая информацию о затратах, преследует свои хозяйственные интересы. При «плохом» согласовании интересов транспортных подсистем и координационного центра в системе могут возникнуть отрицательные тенденции завышения оценок затрат на перевозку грузов. Проблема состоит в создании такого хозяйственного механизма, который обеспечивает решение задачи оптимального планирования грузопотоков в координационный центр на основе достоверной информации о затратах на перевозку.

Описание модели игры

Рассматривается двухуровневая система, содержащая координационный центр и несколько транспортных подсистем.

Пусть для простоты вычислений, не снижающей уровня общности выводов,

$$\varphi_j(x_j, r_j) = \frac{1}{2r_j} x_j^2, \ j = \overline{1, m}$$

где r_j - характеризует коэффициент эффективности j-ой транспортной подсистемы (величина обратная трудоемкости перевозки единицы груза).

Тогда целевая функция каждой транспортной подсистемы определяется величиной прибыли от перевозки x_j количества грузов

$$f_j = \lambda x_j - \frac{1}{2r_j} x_j^2 \qquad (4.1)$$

Задача координационного центра формулируется следующим образом: определить такой план грузопотоков $\left\{x_j\right\}$, чтобы

$$\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{2r_j} x_j^2 \to \min \qquad (4.2)$$

$$\text{при условии } \sum_{j=1}^{m} x_j = R.$$

Так как координационному центру известны только s_j оценки r_j, то задача (4.2) имеет следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{2s_j}x_j^2 \to \min \\ &\sum_{j=1}^{m}x_j = R \end{aligned}\right\} \qquad (4.3)$$

В случае принципа жесткого централизованного управления, когда величины λ заданы координационным центром постоянно для всех транспортных подсистем, план $x_j(s)$ определяется выражением

$$x_j = s_j \frac{R}{\sum\limits_{j=1}^{m} s_j}, \; j=\overline{1,m} \qquad (4.4)$$

В случае принципа согласованного управления координационный центр учитывает дополнительные условия согласования, выполнение которых гарантирует каждой транспортной подсистеме наибольшую «прибыль» при заявляемой величине s_j.

Условия согласования имеют вид :

$$\lambda x_j - \frac{1}{2s_j}x_j^2 = \max_{0 \le y_j \le R}\left[\lambda y_j - \frac{1}{2s_j}y_j^2\right], \; j=\overline{1,m} \qquad (4.5)$$

Таким образом, при согласованном управлении координационный центр решает задачу (4.3, 4.5); выполнение условия согласования обеспечивается соответствующим выбором величины λ, которая определяется соотношением

$$\lambda = \frac{R}{\sum_{j=1}^{m} s_j} \qquad (4.6)$$

Подставляя (4.6) в выражение (4.4) получим

$$x_j = \lambda s_j \qquad (4.7)$$

<u>**Предварительный анализ игры**</u>

Игровая ситуация возникает из-за того, что каждая транспортная подсистема старается максимизировать свою прибыль, пользуясь тем, что координационный центр не знает достоверно величин r_j, а знает лишь границы $d_j \le r_j \le D_j$, $j = \overline{1,m}$, в пределах которых могут изменяться эти величины.

Анализ игры при жестком централизованном управлении (λ = const), показывает, что транспортные подсистемы искажают сообщаемую координационному центру информацию о своих возможностях с целью повышения выигрыша. Значение целевой функции координационного центра далеко от оптимального (оптимальное значение имеет место, когда $s_j = r_j$).

Анализ игры при согласованном управлении показывает, что при соблюдении условия согласования (4.5) выполняются следующие условия равновесия $\{s_j\} = \{r_j\}$, $j = \overline{1,m}$, т.е. при согласованном управлении обеспечивается оптимальное состояние всей единой транспортной системы.

Таким образом, транспортные подсистемы придерживаются конкретной стратегии игры $s_j^* = r_j$ при гипотезе слабого влияния (где под гипотезой слабого влияния принимаются условия, когда транспортные подсистемы не учитывают влияния сообщаемых оценок s_j на величину λ).

Описание линейной модели игры

Рассмотрим подробно случай линейных зависимостей, когда

$$\varphi_j(x_j, r_j) = r_j x_j, \qquad j = \overline{1,m}, \qquad 0 \le x_j \le c_j,$$

$j = \overline{1,m}$,

где r_j - затраты от перевозки; c_j - максимальное количество груза, которое может перевезти j-ая транспортная подсистема за планируемый период или пропускная способность j-ой транспортной подсистемы. Целевая функция j-ой транспортной подсистемы имеет вид:

$$f_j = (\lambda_j - r_j)x_j \to \max \tag{4.8}$$

Целевая функция координационного центра имеет следующий вид:

$$\Phi = \sum_{j=1}^{m} r_j x_j \to \min \tag{4.9}$$

При сообщении транспортными подсистемами $\{s_j\}$ оценки $\{r_j\}$ координационный центр решает следующую задачу:

$$\sum_{j=1}^{m} s_j x_j \to \min \qquad (4.9a)$$

при ограничении $\sum_{j=1}^{m} x_j = R$.

Условия согласования имеют вид:

$$(\lambda_j - s_j)x_j = \max_{0 \le y_j \le c_j} (\lambda_j - s_j)y_j, \ j = \overline{1, m}. \qquad (4.10)$$

Пусть s_j упорядочены по возрастанию $(s_1 \le s_2 \le \ldots s_m)$ и q такое , что

$$\sum_{j=1}^{q-1} c_j < R \le \sum_{j=1}^{q} c_j .$$

Тогда решение задачи (4.9) можно записать в явном виде :

$$x_j = \begin{cases} c_j, & j = \overline{1,(q-1)} \\ R - \sum\limits_{1}^{q-1} c_j \ , & j = q \\ 0, & j = \overline{(q+1),m} \end{cases} \qquad (4.11)$$

При рассмотрении принципа жесткого централизованного управления

(λ = const) x_j определяется из предыдущего выражения (4.11).

Если рассматривается случай согласованного управления, то

$$\lambda = s_q \qquad (4.12)$$

и x_j также определяется из (4.11).

Для j-ой транспортной подсистемы можно определить λ_j по формуле

$$\lambda_j = \lambda + \Delta_j, \ \Delta_j = \lambda_j - \lambda = \lambda_j - s_q, \qquad (4.12a)$$

где Δ_j - величина разности тарифа j-ой транспортной подсистемы от единого тарифа λ, вычисляемого для всех транспортных подсистем по формуле (4.12).

Анализ игры при жесткой централизации показывает, что при

$$\lambda_j > r_j \Rightarrow s_j < r_j,$$

$$\lambda_j < r_j \Rightarrow s_j > r_j, \ j = \overline{1, m}$$

где $d_j \le r_j \le D_j$.

Таким образом, транспортные подсистемы сообщают недостоверные информации и значение целевой функции координационного центра далеко от оптимального.

Анализ игры при согласованном управлении показывает, что при соблюдении условия согласования выполняются следующие условия равновесия:

$$r_j < \lambda \Rightarrow x_j = c_j,$$

$$r_j > \lambda \Rightarrow x_j = 0, \quad j = \overline{1, m}.$$

Транспортные подсистемы стараются сообщать истинные оценки $s_j^* = r_j$. При этом обеспечивается оптимальное значение целевой функции координационного центра и одновременно большие выигрыши отдельным транспортным подсистемам.

Замечание 1. При рассмотрении случая согласованного управления со слабыми штрафами целевая функция j-ой транспортной подсистемы f_j будет иметь вид:

$$f_j = (\lambda_j - r_j)x_j - \alpha(r_j - s_j)c_j \to \max, \qquad (4.8a)$$

где α - коэффициент штрафа за недостоверную информацию, $0< \alpha <1$.

Предполагается, что координационный центр после этапа планирования знает величину $r_j, \ j = \overline{1, m}$.

Анализ игры при согласованном управлении со штрафом, как было описано раньше, соответствует случаю согласованного управления без штрафов. Транспортные подсистемы сообщают истинные оценки $s_j^* = r_j, \ j = \overline{1, m}$.

Замечание 2. Если гипотеза слабого влияния недостаточно правомерна, т.е. транспортные подсистемы учитывают влияние сообщаемых оценок s_j на величину λ_j, то для устойчивости функционирования систем можно использовать метод нормирования целевых функций транспортных подсистем. Стимулирование транспортных подсистем производится из единого фонда, величина которого М задана (либо зависит от суммарного выигрыша всех транспортных подсистем), т.е. значение целевых функций определяется из следующего выражения:

$$f_j^M(s) = \frac{f_j(s)}{\sum\limits_{k=1}^{m} f_k(s)} M, \text{ где } M = \mu \sum_{k=1}^{m} f_k(s),$$

или

$$f_j^M = \frac{\lambda x_j - \frac{1}{2r_j} x_j^2}{\sum\limits_{k=1}^{m} (\lambda x_k - \frac{1}{2r_k} x_k^2)} M; \quad (4.1а)$$

$$f_j^M = \frac{(\lambda_j - r_j) x_j}{\sum\limits_{k=1}^{m} (\lambda_k - r_k) x_k} M, \; j = \overline{1, m}, \quad (4.8б)$$

где (4.1а) - для нелинейной модели, (4.8б) - для линейной модели.

<u>Порядок организации и проведения игры</u>

Перед началом игры:

1. Отбираются участники игры, m = 4 - 6 человек или команд.

2. Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры. Назначается ведущий (он же – координационный центр).

3. Решается вопрос о моделируемом принципе управления (жесткое, централизованное управление или согласованное управление) и о модели игры (нелинейная или линейная).

4. Ведущий подготавливает данные для игры и определяет значение величин: R - количество груза, которого надо перевезти; r_j - коэффициент эффективности j-ой транспортной подсистемы; c_j - пропускная (провозная) способность j - ой транспортной подсистемы; λ - тариф на перевозку; Δ_j - дополнительный тариф для j-ой транспортной подсистемы, для всех транспортных подсистем, которые заносят в табл. 4.1 (или 4.1а).

5. Ведущий объясняет участникам смысл и правила игры, порядок сообщения данных (оценок), вид целевых функций, сообщает (закрыто) количественные характеристики коэффициента эффективности - r_j, дополнительного тарифа - Δ_j, провозной способности - c_j каждому j-му участнику (j-ой транспортной подсистемы).

Если случай жесткой централизации, то сообщается и значение тарифа- λ.

6. Участники изучают характеристики своих транспортных подсистем, заносят данные в табл. 4.2 (или в табл. 4.2а линейной модели) и намечают стратегию игры.

7. Для оперативного проведения игры можно рекомендовать назначение всем командам одинаковых значений r_j - коэффициента эффективности и λ - тарифа за перевозку или заранее можно составить таблицу вычисления выигрышей команд (например, при нелинейной модели для случая r =5 для всех транспортных подсистем дана табл.4.3).

Проведение игры:

1. Все участники сообщают (закрыто) свои оценки s_j (оценку коэффициента эффективности - r_j) ведущему $d_j \le s_j \le D_j$, d_j и D_j - соответственно нижние и верхние границы значения s_j, $j = \overline{1, m}$.

2. Ведущий решает задачу оптимальной перевозки, т.е. вычисляет значения величин x_j - количество перевозимого груза j-ой транспортной подсистемы по выражению (4.4) (или (4.11) - при линейной модели) и λ (значение тарифа за перевозку) по выражению (4.6) (или 4.12, 4.12а), если рассматривается принцип согласованного управления.

3. Ведущий заполняет табл. 4.1 и сообщает каждому участнику значения x_j - количество перевозимого груза и λ - величину тарифа.

4. Подсчет участниками игры своих целевых функций по выражению (4.1) или (4.8). Если нормирование, то по (4.1а) или (4.8б), если согласованное управление со штрафом, то по (4.8а). Ведущим - величину потерь в системе по (4.2) или (4.9). Все данные заносятся в табл. 4.1 (4.1а) и 4.2 (4.2а).

5. Анализ результатов одной партии игры и повторение п.п. 1 ÷ 4 до окончания проводимого тура игры.

После окончания тура игры:

1. Участники строят графики зависимостей целевых функций и сообщаемых оценок от периодов тура игры.

2. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждаются стратегии отдельных участников.

3. Ведущий подводит итоги прошедшего тура игры и объявляет результаты, выявляющие преимущества одной структуры игры над другой.

Таблица 4.1 (Ведущему)

r_i	5	5	5	5	5		$1 \le s_j \le 10$					R = 125
	Оценка s_j Коэффициента Эффективности					Тариф λ	x_j - количество перевозимого груза					Целевая функция координ центра
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	Ф
1	5	5	5	6	5	3	24,4	24,4	24,4	29,28	24,4	328
2	6	5	5	4	5	3	30	25	25	20	25	317
3	7	4	4	4	5	3	36,4	20,8	20,8	20,8	26	340
4	4	3	3	5	5	3	25	18,75	18,75	31,25	31,25	323
5	3	2	3	3	5	3	23,4	15,6	23,4	23,4	39,0	340
6	5	5	5	4	5	5	26	26	26	20,8	26	313
7	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5
8	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5
9	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5

Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с

$\lambda = 3 = \text{const}$, с 6 по 9 при согласованном управлении.

Таблица 4.1а (Ведущему)

r_j	8	5	6	7	$c_j \Rightarrow$	25	20	30	25	R =70
№	$1 \le s_j \le 10$				λ	$0 \le x_j \le c_j$				Ф
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	1	5	6	5	10	25	20	0	25	475
2	1	5	6	7	10	25	20	25	0	450
3	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
4	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
5	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
6	5	5	6	6	6	25	20	13	12	462
7	6	5	6	8	6	25	20	25	0	450
8	6	5	6	7	6	25	20	25	0	450
9	10	5	6	2	6	0	20	25	25	425
10	9	5	6	7	7	0	20	30	20	420
11	9	5	6	7	7	0	20	30	20	420
12	9	5	6	7	7	0	20	3	20	420
13	6	5	6	7	6	25	20	25	0	450
14	8	5	6	7	7	0	20	30	20	420
15	8	5	6	7	7	0	20	30	20	420

Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с

$\lambda = 10 = \text{const}$, с 6 по 12 при согласованном управлении и с 12 по 15 при согласованном управлении со штрафом $\Delta_j = 0{,}5$.

Таблица 4.2 (Участнику)

r_j=5 коэффициент эффективности			Команда № j		
№ партии	$f_j = \lambda x_j - \frac{1}{2r_j}x_j^2$				
	1	2	3	4	5
1	14,6	14,6	14,6	0	14,6
2	0	12,5	12,5	20	12,5
3	-21	18,8	19,2	18	10,4
4	12,5	23,33	21,1	-3	0
5	15	15	15,4	16	-40
6	63	64	62,4	61	63
7	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
8	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
9	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5

Таблица 4.2а (Участнику)

№ партии	$f_j = (\lambda - r_j)x_j \to \max, \Delta_j = 0{,}5, 1 \le s_j \le 10$			
	1	2	3	4
1	50	100	0	75
2	50	100	100	0
3	50	100	0	75
4	50	100	0	75
5	50	100	0	25
6	-50	20	0	12
7	-50	20	0	0
8	-50	20	0	0
9	0	20	0	-25
10	0	40	30	0
11	0	40	30	0
12	0	40	30	0
13	-25	20	30	0
14	0	20	30	20
15	0	20	30	20

Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с λ=10=const, с 6 по 12 при согласованном управлении и с 12 по 15 согласованное управление со штрафом, при $\Delta_j = 0{,}5$.

Таблица 4.3

План x_j	f_j	план x_j	f_j
1	λ -0,1	19	19λ -36,1
2	2λ -0,4	20	20λ -40
3	3λ -0,9	21	21λ 44,1
4	4λ -1,6	22	22λ -48,4
5	5λ -2,5	23	23λ -52,9
6	6λ -3,6	24	24λ -57,6
7	7λ -4,9	25	25λ -62,5
8	8λ -6,4	26	26λ -67,6
9	9λ -8,1	27	27λ -72,9
10	10λ -10	28	28λ -78,4
11	11λ -12,1	29	29λ -84,1
12	12λ -14,4	30	30λ -90
13	13λ -16,9	31	31λ -96,1
14	14λ - 19,6	32	32λ -102,4
15	15λ -22,5	33	33λ -108,9
16	16λ -25,6	34	34λ -115,6
17	17λ -28,9	35	35λ -122,5
18	18λ -32,4	36	36λ -129,6

Обсуждение результатов игры

Для случая нелинейной модели числовые данные игры представлены в таблицах 4.1 и 4.2, а графические зависимости s_j, f_j, Ф от периодов игры **t** - на рисунках 4.2 - 4.4. При $\lambda=3 < r_j = 5$

игрокам выгоднее сообщать $s_j < r_j$, чтобы не получать слишком большие невыгодные планы $\{x_j\}$. Пятый игрок, придерживаясь достоверной информации $s_5 = r_5$, получает невыгодные большие планы x_j и находится в проигрышном состоянии, $f_5 = -40$ при $t = 5$. На третьем этапе игры первый игрок тоже находится в проигрыше, так как, сообщая $s_1 = 7 > r_1$, получает невыгодно большой план $x_1 = 36,4$ и $f_1 = -21$. В целом, как и предполагалась из предварительного анализа, игроки при жесткой централизации (периоды с 1 по 5) искажали сообщаемую информацию, т.е. $s_j \neq r_j$.

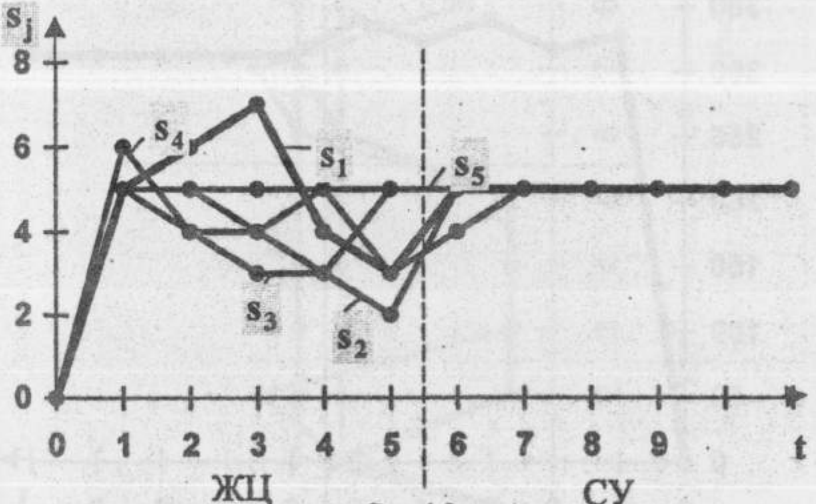
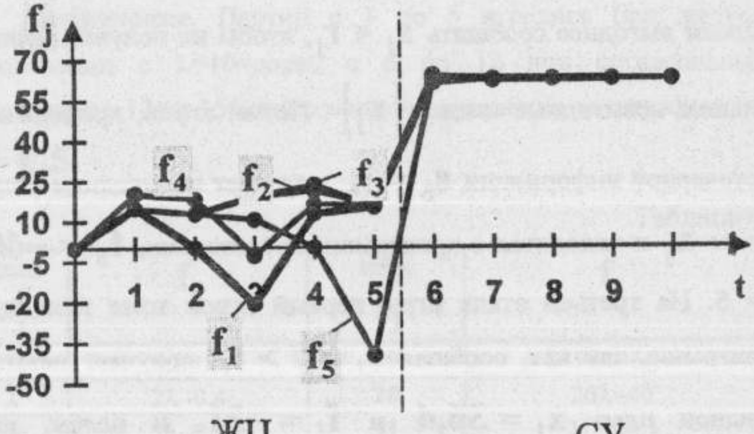
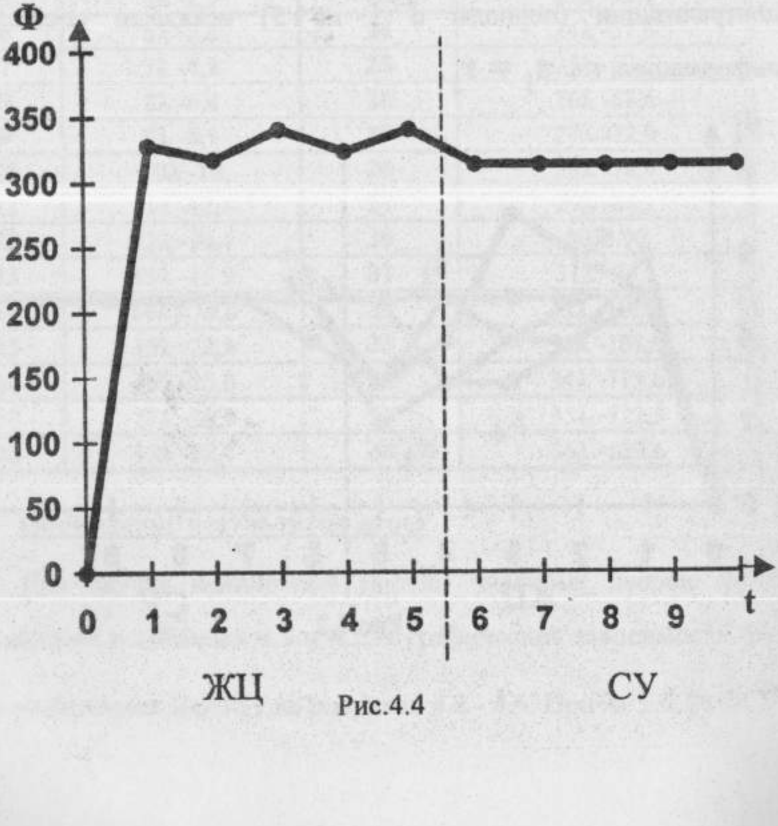


Рис.4.2



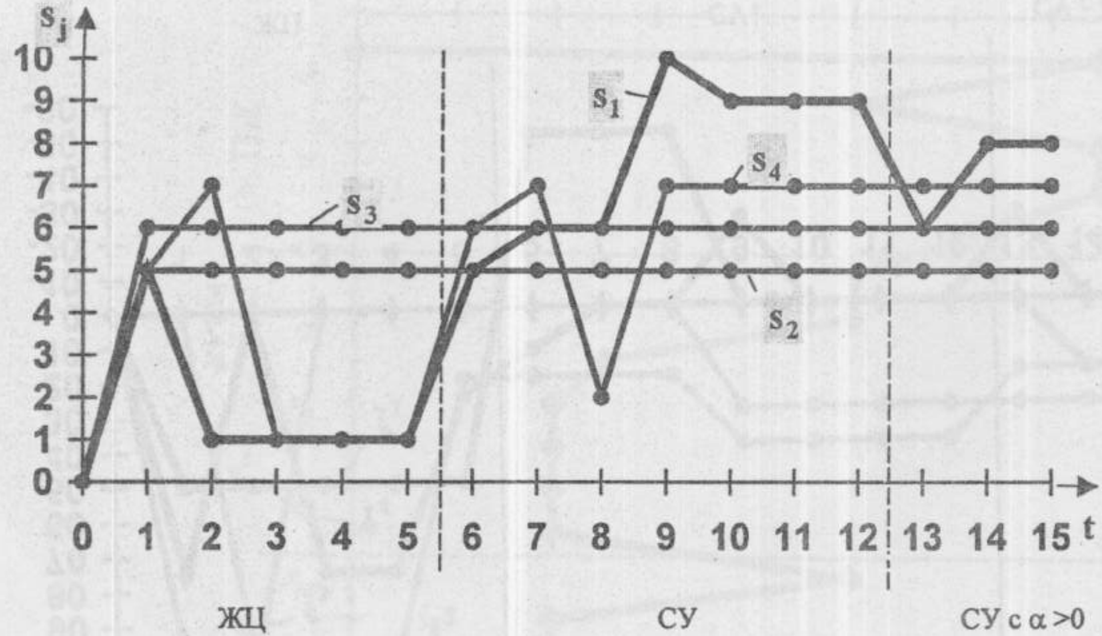
f_j
70
55
40
25
10
-5
-20
-35
-50
f_4
f_2
f_3
f_1
f_5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
t
ЖЦ
СУ

Рис.4.3



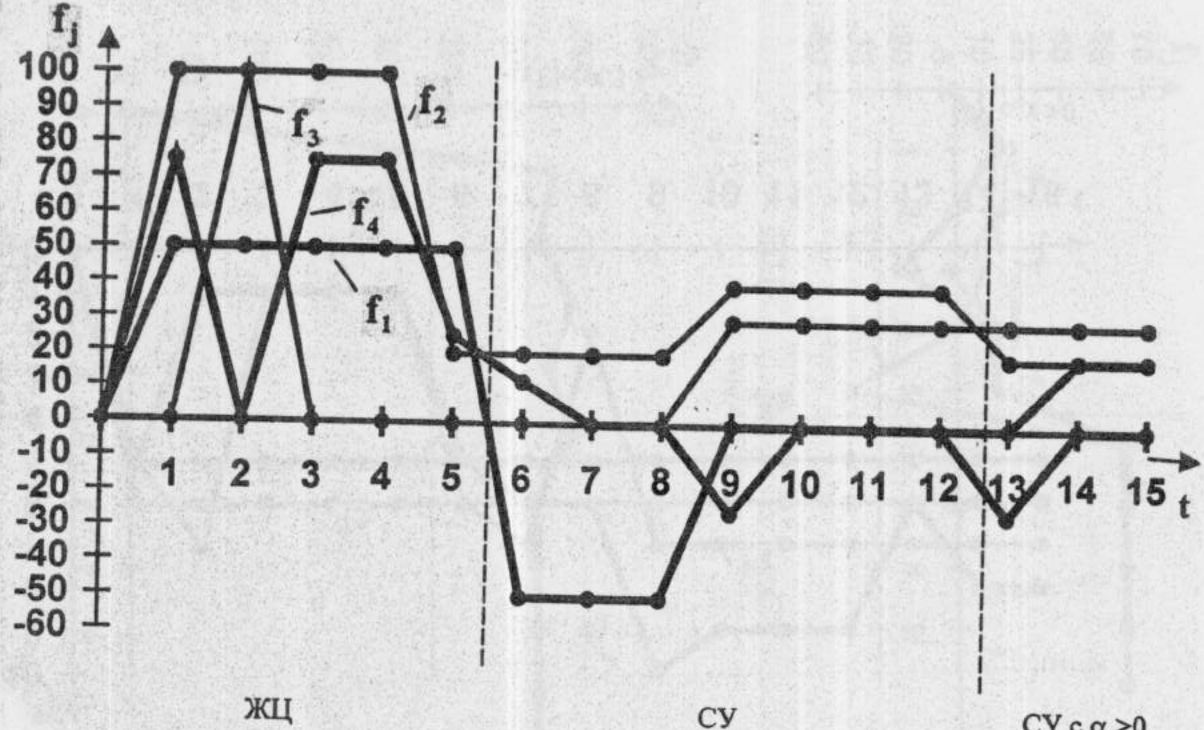
Ф
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
t
ЖЦ
СУ

Рис.4.4



s_j
s_1
s_2
s_3
s_4
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 t
ЖЦ
СУ
СУ с α >0

Рис.4.5



f_j
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
t
f_1
f_2
f_3
f_4
ЖЦ
СУ
СУ с α >0

Рис.4.6

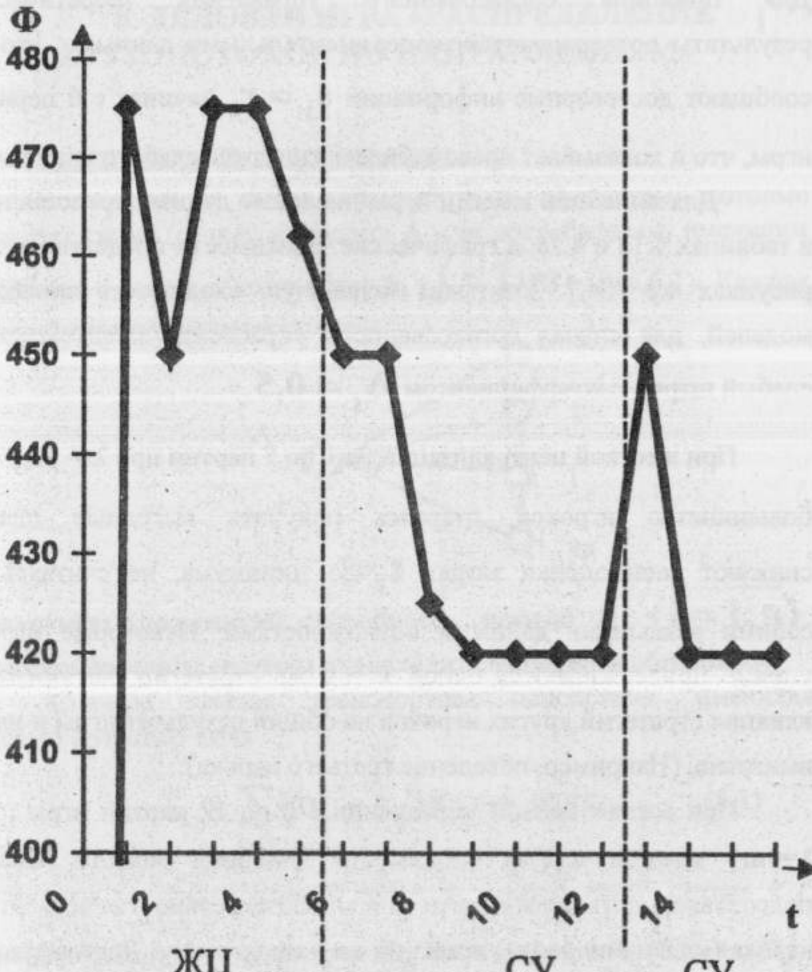


Рис.4.7

Для принципа согласованного управления теоретические результаты потверждаются экспериментальными данными, игроки сообщают достоверные информации $\mathbf{s}_j = \mathbf{r}_j$ начиная с 6 периода игры, что и доказывает правомерность гипотезы слабого влияния.

Для линейной модели игры числовые данные представлены в таблицах 4.1а и 4.2а, а графические зависимости представлены на рисунках 4.5 - 4.7. Учитывая медленную сходимость линейных моделей, для случая согласованного управления предусмотрели слабый штраф с коэффициентом $\Delta_j = \mathbf{0{,}5}$.

При жесткой централизации, с 1 по 5 партии при $\lambda = \mathbf{10} > \mathbf{r}_j$, большинство игроков, стараясь получить выгодные планы, снижают свои оценки затрат $\mathbf{s}_j$ до минимума, не считаясь со своими реальными данными возможностями. Некоторые игроки упрямо придерживаются одной и той же стратегии, не учитывая влияния стратегий других игроков на общий результат игры и на их выигрыш. (Например, поведение третьего игрока).

При согласованном управлении с 6 по 12 партии игры , где λ=**var**, заметна слабая сходимость линейной модели. Слабая подготовленность первого игрока и «любознательность» четвертого игрока (на 8 и 9 периоде) приводят их к проигрышу. Достоверность информации при согласованном управлении хорошо заметна с применением слабых штрафов $\Delta_j = \mathbf{0{,}5}$ на периодах с 12 по 15, где $\mathbf{s}_j = \mathbf{r}_j$ для всех игроков.

5. ДЕЛОВАЯ ИГРА «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОТОКОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ»

Содержательное описание игры

Рассмотрим n видов транспортных подсистем, которые перевозят грузы (сырье) из пункта А к m потребителям, имеющим потребности сырья в количестве b_j ($j = \overline{1, m}$) (рис.5.1). Каждая транспортная подсистема имеет

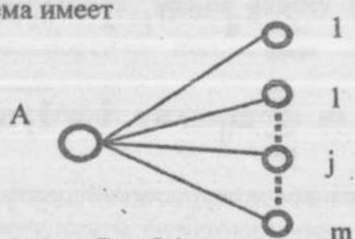


Рис.5.1

пропускную (провозную) способность, равную a_i $(i = \overline{1, n})$. Функционирование системы происходит следующим образом.

Сначала каждая транспортная подсистема, имеющая целевую функцию вида

$$f_i = \sum_{j=1}^{m} (ц_j - c_{ij}) x_{ij} \rightarrow \max, \qquad (5.1)$$

сообщает в координационный центр s_{ij} оценку своих потерь c_{ij}, от перевозки груза в количестве x_{ij} от А до j-го потребителя. $ц_j$ - тариф за перевозку единицы груза от А до j-го потребителя. Целевая функция координационного центра определяется формулой

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \qquad (5.2)$$

На этапе планирования перевозок координационный центр минимизирует суммарные потери от перевозок в форме следующей задачи:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} s_{ij}x_{ij} \to \min \qquad (5.2а)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j,\ j=\overline{1,m} \qquad (5.3)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \le a_i,\ i=\overline{1,n} \qquad (5.4)$$

Предполагаем, что координационный центр знает лишь границы изменения величин c_{ij}, т.е. $d_{ij} \le s_{ij} \le D_{ij}$, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$.

Для решения задачи (5.2а - 5.4) выпишем двойственную к ней задачу с двойственным переменными γ_j и $\lambda_i \ge 0$:

$$\sum_{j=1}^{m}\gamma_j b_j - \sum_{i=1}^{n}\lambda_i a_i \to \max \qquad (5.5)$$

$$\gamma_j - \lambda_i \le s_{ij},\ i=1 \div n,\ j=\overline{1,m}, \qquad (5.6)$$

откуда $\lambda_i = \max(0,\ \gamma_j - s_{ij})$.

Так как каждая транспортная подсистема стремится максимально использовать свою пропускную способность, то ее целевую функцию можно определить в следующей форме:

$$\lambda_i a_i = \sum_{j=1}^{m}(\gamma_j - s_{ij})x_{ij} \to \max.$$

Если рассматривается вариант жесткой централизации, то координационный центр, решив задачу (5.2а - 5.4), сообщает транспортной подсистеме значение x_{ij}, а значение $ц_j = const$.

Если же рассматривается вариант согласованного управления, то к задачам (5.2а - 5.4), добавляется условия совершенного согласования следующего вида:

$$(ц_j - s_{ij})x_{ij} = \max_l (ц_l - s_{il})x_{il}, \; l = \overline{1, m}. \quad (5.7)$$

Координационный центр, решив задачу (5.2а - 5.4, 5.7), сообщает каждой транспортной подсистеме x_{ij} и значение $ц_j = \gamma_j$, $j = \overline{1, m}$, которое определяется из решения задачи (5.5 - 5.6).

На этапе реализации вычисляются значения функции (5.1) и (5.2). Анализируются результаты функционирования каждого вида транспорта и координационного центра в целом.

Задача решается известными алгоритмами для транспортных задач.

Если перевозка производится из нескольких пунктов А, где $i = \overline{1, n}$, решение задачи происходит аналогично.

Замечание.

а) Если рассматриваем согласованное управление со штрафом, тогда целевая функция i-ой транспортной подсистемы имеет вид

$$f_i = \sum_{j=1}^{m} \left\{ \left(ц_{ij} - c_{ij} \right) x_{ij} - \alpha \left| s_{ij} - c_{ij} \right| a_i \right\} \to \max, \quad (5.1a)$$

где α - коэффициент штрафа за недостоверную информацию, $0 < \alpha < 1$.

б) При нормировании целевых функций

$$f_i^M = \frac{\sum\limits_{j=1}^{m}(ц_{ij} - c_{ij})x_{ij}}{\sum\limits_{i=1}^{n}\sum\limits_{j=1}^{m}(ц_{ij} - c_{ij})x_{ij}} M, \tag{5.1б}$$

$$M = \mu \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(ц_{ij} - c_{ij})x_{ij}.$$

Предварительный анализ игры для случая жесткого централизованного управления показывает, что каждая транспортная подсистема, стараясь максимизировать только свою целевую функцию, искажает величину себестоимости перевозок c_{ij}, сообщая $s_{ij} \neq c_{ij}$, что приводит к неустойчивости стратегии игры для каждого вида транспорта и проигрышу координационного центра в целом.

Анализ для согласованного управления приводит к сообщению достоверной информации $\forall\ i, j : s_{ij} = c_{ij}$, благодаря согласованию интересов каждой транспортной подсистемы с целью координационного центра, т.е. ситуацией равновесия игры является $\left\{s_{ij}^*\right\} = \left\{c_{ij}\right\}$. И каждая транспортная подсистема при гипотезе слабого влияния придерживается стратегии, равной $s_{ij}^* = c_{ij}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$.

<u>**Организация и проведение игры**</u>

Перед началом игры:

1. Отбираются участники игры, m = 4 ÷ 6 человек или команд.

2. Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры. Назначается ведущий, если его нет (он же - координационный центр).

3. Решается вопрос о моделируемом принципе управления (жесткое централизованное управление или согласованное управление). Ведущий подготавливает данные для игры и определяет значение величин b_j - количества потребляемого груза для j-го пункта, a_i - провозной способности i-ой транспортной подсистемы от перевозки груза в j-ый пункт потребления, $ц_j$ - тарифа за перевозку груза в j-ый пункт потребления, $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$, которые заносит в табл. 5.1.,табл. 5.3.

4. Ведущий объясняет участникам смысл и механизм игры, порядок подачи оценок, вид целевых функций, сообщает (закрыто) количественные характеристики (c_{ij} - потери и $ц_j$ - тарифа, если жесткое централизованное управление) каждой транспортной подсистеме.

5. Участники изучают характеристики своих транспортных подсистем, намечают стратегию игры и вводят данные по $\{b_j\}$ и $\{s_{ij}\}$ в табл. 5.2., табл. 5.4 для каждой партий игры.

Проведение игры:

1. Все участники сообщают (закрыто) для каждой партии игры свои оценки s_{ij} (оценку потерь от перевозки c_{ij}) ведущему, где $d_{ij} \le s_{ij} \le D_{ij}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, d_{ij}, D_{ij} - нижние и верхние границы изменения величины s_{ij}.

2. Ведущий заполняет табл. 5.1, табл. 5.3 и решает задачу (5.2 - 5.4), определяет количество перевозимого груза X_{ij}, если рассматривается согласованное управление, то тариф $ц_j = \gamma_j \ (j = \overline{1, m})$ вычисляется из решения задачи (5.5 и 5.6).

3. Ведущий сообщает каждому участнику количество перевозимого груза X_{ij} (тариф $ц_j$ при согласованном управлении) и заполняет табл.5.2, табл. 5.4 для данной партии игры.

4. Подсчет участниками своих целевых функций по выражению (5.1) или (5.1а), (5.1б) и ведущим - величину потерь в системе по (5.2); все данные заносятся в табл. 5.2 и 5.4.

5. Анализ результатов одной партии игры и повторение п.п. 1 ÷ 4 до окончания проведенного тура игры .

После окончания тура игры:

1. Участники строят графики зависимостей целевых функций и сообщаемых оценок от периодов тура игры.

2. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждаются стратегии отдельных участников.

3. Ведущий подводит итоги прошедшего тура игры и объявляет результаты, выявляющие преимущества одной структуры игры над другой.

4. При необходимости игра проводится с теми же или измененными условиями.

Таблица 5.1(Ведущему)

$\sum_{i=1}^{n} a_i = \sum_{j=1}^{m} b_j$, $1 \le s_{ij} \le 10$, $ц_{ij} = 15$, $i = 1 \div n$, $j = \overline{1, m}$				
$b_j(1)$	150	150	150	150
$b_j(2)$	150	150	150	150
$b_j(3)$	150	150	150	150
$b_j(4)$	200	100	200	100
$b_j(5)$	200	200	100	100
$b_j(6)$	300	100	100	100
$b_j(7)$	300	100	100	100
$b_j(8)$	300	200	50	50
$b_j(9)$	500	50	25	25
$b_j(10)$	300	280	10	10
$b_j(11)$	570	10	10	10
$b_j(12)$ / a_i	600	0	0	0
150	2 c_{11}	3 c_{12}	6 c_{13}	4 c_{14}
150	2 c_{21}	3 c_{22}	6 c_{23}	4 c_{24}
150	2 c_{31}	3 c_{32}	6 c_{33}	4 c_{34}
150	2 c_{41}	3 c_{42}	6 c_{43}	4 c_{44}

*- $b_j(t)$ - потребность j-го потребителя в t-й период игры, т.е. для каждого периода t свои числовые данные $b_j(t)$.

Таблица 5.2

	s_{ij}				b_j				X_{ij}				f1	Ф
	1	1	9	9					0	150	0	0	1800	
	1	5	9	8					150	0	0	0	1950	
1	3	4	8	7	150	150	150	150	0	0	0	150	1650	**2250**
	1	1	7	7					0	0	150	0	1350	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	3	9	8					0	0	0	150	1650	
2	2	2	9	9	150	150	150	150	0	0	150	0	1350	**2250**
	2	1	9	9					0	150	0	0	1800	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	8					0	150	0	0	1800	
3	1	1	9	8	150	150	150	150	0	0	150	0	1350	**2250**
	1	1	9	8					0	0	0	150	1650	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	8					50	100	0	0	1850	
4	1	1	9	8	200	100	200	100	0	0	150	0	1350	**2300**
	1	1	9	8					0	0	50	100	1350	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	8					50	100	0	0	1850	
5	1	1	9	8	200	200	100	100	0	100	50	0	1650	**2000**
	1	1	9	8					0	0	50	100	1550	
	1	1	9	8					150				1950	
	1	1	9	8					150	100	50		1950	
6	1	1	9	8	300	100	100	100			50	100	1650	**1900**
	1	1	9	8									1550	
	5	3	9	8					0	0	100	50	1450	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
7	1	1	9	8	300	200	100	100	150	0	0	0	1950	**1900**
	1	1	9	8					0	100	0	50	1950	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
8	1	1	9	9	300	200	50	50	0	150	0	0	1800	**1700**
	1	1	9	9					0	50	50	50	1600	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
9	1	1	9	9	500	50	25	25	150	0	0	0	1950	**1400**
	1	1	9	9					50	50	25	25	1750	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
10	1	1	9	9	300	280	10	10	0	150	0	0	1800	**1540**
	1	1	9	9					0	130	10	10	1760	
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					150				1950	
11	1	1	9	9	570	10	10	10	150				1950	**1270**
	1	1	9	9					120	10	10	10	1880	
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					150				1950	
12	1	1	9	9	600	0	0	0	150				1950	**1200**
	1	1	9	9					150				1950	

Таблица 5.3 (Ведущему)

$b_j(1)$	200	200	100	100
$b_j(1)$	200	200	100	100
$b_j(1)$	200	200	100	100
$b_j(1)$	200	200	100	100
$b_j(1)$	500	80	10	10
$b_j(1)$	500	10	10	10
$b_j(1)$	500	80	10	10
$b_j(1)$	570	10	10	10
$b_j(1)$	570	10	10	10
$b_j(1)$	570	10	10	10
$b_j(1)$	570	10	10	10
$b_j(1)$ / a_i	600	0	0	0
150	2 c_{11}	3 c_{12}	6 c_{13}	4 c_{14}
150	2 c_{21}	3 c_{22}	6 c_{23}	4 c_{24}
150	2 c_{31}	3 c_{32}	6 c_{33}	4 c_{34}
150	2 c_{41}	3 c_{42}	6 c_{43}	4 c_{44}

Таблица 5.4

N	s_{ij}				b_j				x_{ij}				$ц_{ij}$				fi	Ф
	6	5	7	2					50			100					0	
1	5	4	5	3	200	200	100	100		150			6	5	5	2	300	**2000**
	8	4	4	5						50	100						0	
	3	3	3	2					150								600	
	3	8	9	5					150								150	
2	2	7	8	6					50	50	50		3	8	9	4	450	**2000**
	3	6	6	1	200	200	100	100			50	100					150	
	2	4	5	3						150							750	
	2	3	6	3					50			100					100	
3	1	4	6	4	200	200	100	100	150				2	3	5	3	0	**2000**
	2	2	5	4						150							0	
	2	3	5	4						50	100						100	
	2	8	9	6					150								0	
4	2	9	8	7	200	200	100	100	50		100		2	4	8	4	200	**2000**
	1	3	7	3						50		100					50	
	2	3	8	8						150							150	
	2	8	9	6					150								0	
5	2	9	8	7	500	80	10	10	150				2	3	8	4	0	**1340**
	1	3	7	3					140			10					0	
	2	3	8	8					60	80	10	0					20	
	3	6	8	4					140			10					140	
6	2	5	7	5	500	80	10	10	150				3	4	5	4	150	**1320**
	3	4	5	6					60	80	10	10					130	
	2	4	6	4					150								150	

	2	3	6	4					150								0	
7	2	3	6	4	500	80	10	10	150				2	3	6	4	0	**1300**
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					150	80	10						0	
	2	3	6	4					150								0	
8	2	3	6	4	570	10	10	10	150				2	3	6	4	0	**1250**
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					120	10	10	10					0	
	3	4	7	5					140	10							150	
9	2	5	7	4	570	10	10	10	150				3	4	6	4	150	**1230**
	2	3	5	3					150								150	
	2	4	5	3					130		10	10					130	
	3	8	9	5					150								150	
10	2	7	8	6	570	10	10	10	150				3	5	6	1	150	**1220**
	3	6	6	1					130		10	10					100	
	2	4	5	3					140	10							160	
	2	6	9	4					150								0	
11	2	5	6	3	570	10	10	10	150				2	4	5	3	0	**1190**
	2	4	5	3					150								0	
	2	4	5	3					120	10	10	10					-10	
	2	6	9	4					150								0	
12	2	5	6	3	600	0	0	0	150				2	4	5	3	0	**1180**
	2	4	5	3					150								0	
	2	4	5	3					150								0	

<u>Обсуждение результатов игры</u>

Исходные данные для случая жесткой централизации представлены в таблицах 5.1 - 5.4, а графические зависимости s_{ij}, f_{ij},Ф на рисунках 5.2 - 5.5.

Из таблицы 5.1 видно, что для всех транспортных организаций выгод-ными направлениями перевозок грузов является первое и второе направ-ления, где реальные затраты на перевозку $\forall$ **i:** $c_{i1} = 2$ и $c_{i2} = 3$, $i = \overline{1,4}$. Отсюда и заниженные информации оценок c_{ij} до минимального процесса, т.е. $\forall\, i,t: c_{i1} = c_{i2} = d_{ij} = 1,\ i = \overline{1,4},\ \ t = \overline{1,12}$.Любознательный » шаг первого игрока на 7 периоде игры (повышение оценок $s_{11} = 5,\ s_{12} = 3$) приводит к соответствующему смещению значений его целевой функции на 7 периоде игры до $f_1(7) = 1450$.

Изменения значений потребителей b_j от периода к периоду игры не влияют на сообщаемые стратегии игроков, они отражаются лишь на значениях плана перевозок x_{ij} и на целевых функциях транспортных подсистем.

Таким образом, еще раз убеждаемся, что при жесткой централизации игроки сообщают недостоверные информации, учитывая только свои интересы.

Для согласованного управления с учетом линейного характера модели игры достоверность сообщаемых оценок s_{ij} приближена к реальным значениям. А после 10 периода игры по выгодным направлениям перевозок достоверность информации однозначная, т.е. $s_{ij} = c_{ij}$ для большинства игроков и направлений.

На рис. 5.5 представлена графическая зависимость значений тарифа $ц_{ij}$ от периода игры, которая вычисляется из общего решения задачи игры на каждом этапе игры.

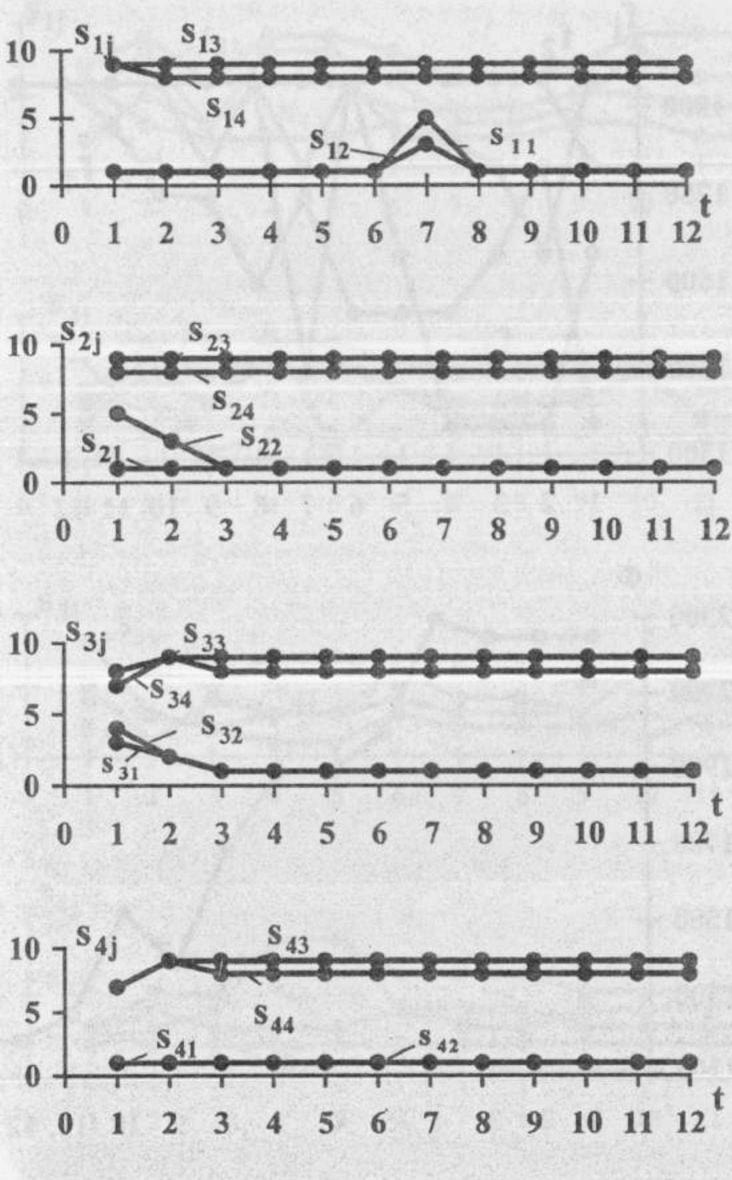

s1j
s13
s14
s12
s11
s2j
s23
s24
s21
s22
s3j
s33
s34
s32
s31
s4j
s43
s44
s41
s42
t
10
5
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Рис.5.2

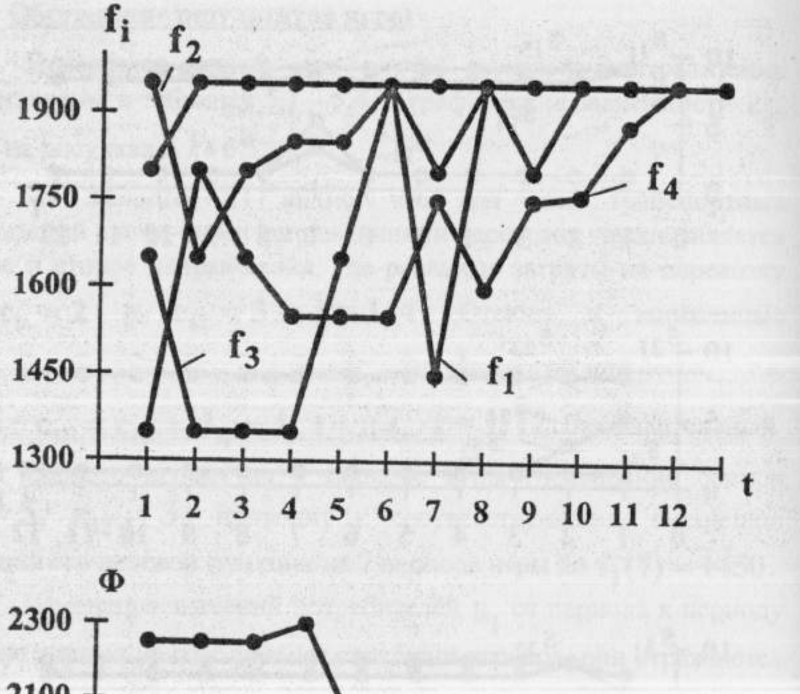

f_i
f_2
f_3
f_4
f_1
1900
1750
1600
1450
1300
t
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Ф
2300
2100
1900
1700
1500
1300
1100
t
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Рис.5.3

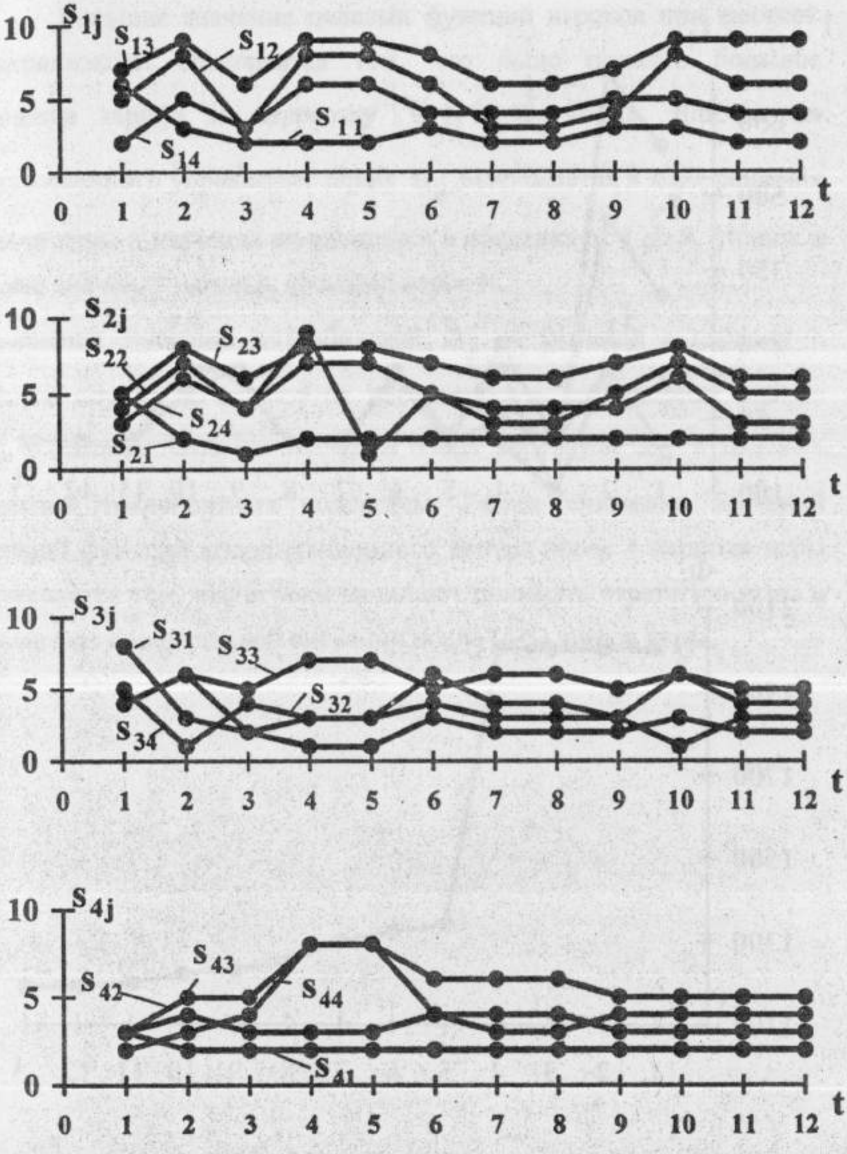

s_{1j}
s_{13}
s_{12}
s_{11}
s_{14}
s_{2j}
s_{22}
s_{23}
s_{24}
s_{21}
s_{3j}
s_{31}
s_{33}
s_{32}
s_{34}
s_{4j}
s_{43}
s_{42}
s_{44}
s_{41}
t

Рис.5.4

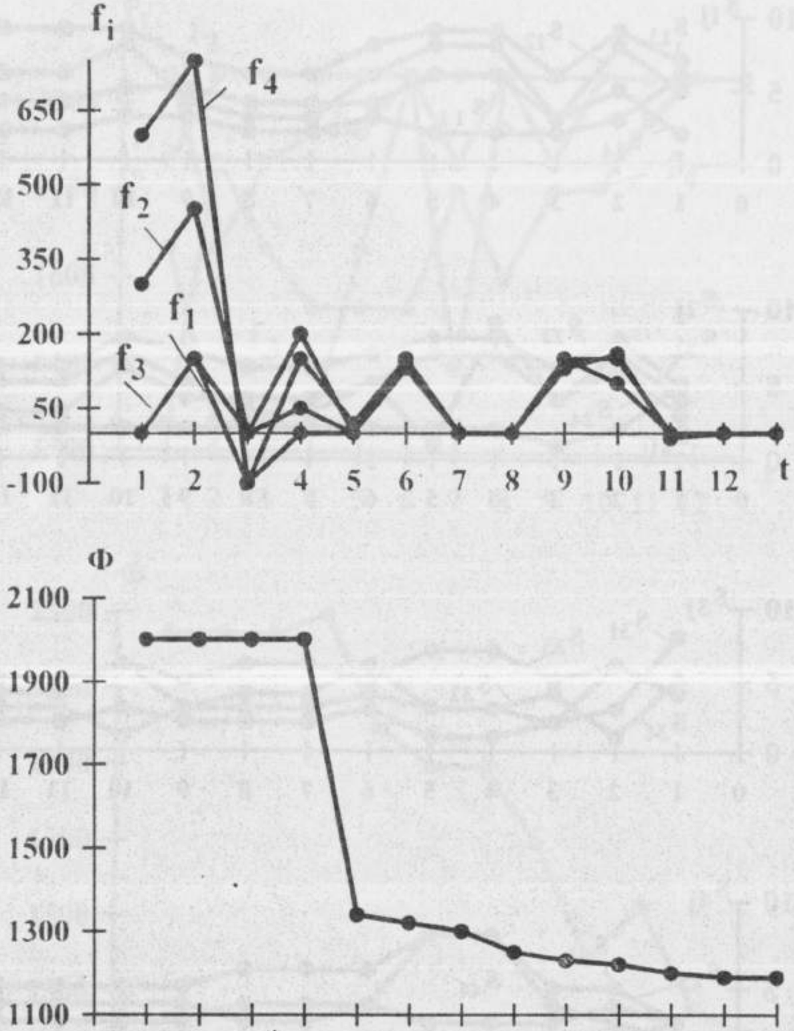

f_i
650
500
350
200
50
-100
f_4
f_2
f_1
f_3
1
2
4
5
6
7
8
9
10
11
12
t
Ф
2100
1900
1700
1500
1300
1100
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
t

Рис.5.5

Большие значения целевых функций игроков при жесткой централизации объясняется тем, что было принято большое значение тарифа за перевозку $\forall\, j, t\colon u_{ij} = 15$. Для случая согласованного управления тариф u_{ij} вычисляется в ходе решения задачи игры и значения их находятся в пределах от 1 до 9, отсюда и малые значения целевых функций игроков.

Изменения значений потребителей b_j от периода к периоду в данном случае не влияют на достоверность сообщаемых оценок s_{ij}, а влияют лишь на значения плана перевозок x_{ij} и целевых функций транспортных подсистем. Резкое снижение значений целевой функций координационного центра после 4 периода игры объясняется тем, что игроки начинают понимать стратегию игры и достигают определенной ситуации после (4-5) этапов игры.

6. ДЕЛОВАЯ ИГРА «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ» В РЕЖИМЕ «АВТОМАТОВ»

Стратегии «автоматов»

При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме «автомат», когда вместо некоторых или всех участников играет ЭВМ. В режиме «автомат» можно проводить игру в любом варианте. ЭВМ (автомат) может играть за любое количество игроков.

Представляет интерес сравнение стратегий людей со стратегиями «автоматов».

Стратегии «автоматов» определены следующим образом. Стратегией «автоматов» в каждой партии является либо увеличение оценки предыдущей партии на определенный шаг, либо её уменьшение, либо оценка остается прежней. При этом, если изменение оценки в предыдущей партии привело к увеличению выигрыша или сокращению проигрыша, то в данной партии оценка изменяется в ту же сторону (увеличивается, если в предыдущей партии она увеличивалась, уменьшается - если уменьшалась) и остается прежней, если в предыдущей партии не изменялась. Если же выигрыш уменьшился, то оценка меняется в противоположную сторону по сравнению с изменением в предыдущей партии (увеличивается, если в предыдущей партии уменьшалась, уменьшается - если увеличивалась, и, наконец, если оценка в предыдущей партии не менялась, то делается пробное изменение в сторону увеличения оценки). Если в обоих направлениях проигрышные стратегии, то «автомат» придерживается исходной стратегии.

Самой простой на наш взгляд выглядит итерационная процедура вида

$$s_i^{k+1} = s_i^k \pm \gamma_i^k, \gamma_i^k \geq 0$$

где s_i^k - стратегия i-го игрока на k-м шаге, γ_i^k - величина шага.

«Автомат» выбирает стратегию на (k+1)-м шаге и подсчитывает на этом шаге свой выигрыш со значением целевой функции на k-м шаге. Если значение более выигрышное, то автомат делает шаг в этом направлении, если нет, то в обратном направлении и т.д.

Рассмотрим теперь индикаторное поведение автоматов основанных на более сложных принципах [18].

Пусть система состоит из n-взаимосвязанных элементов A_i ($i = \overline{1, n}$). Элемент A_i распоряжается выбором величины $s_i \in [d_i, D_i]$.

Для каждого A_i при любом случае и допустимым s_i существует единственная точка $s_i^* = f\ (s) \in [d_i, D_i]$, которую будем называть положением цели i-го элемента.

Время функционирования системы разбито на периоды с номерами
k = 0, 1,2,... . Гипотеза о поведении элементов состоит в следующем (аксиома индикаторного поведения): каждый элемент A_i с течением времени изменяет значение собственной переменной в направлении к текущему положению цели s_i^*, т.е. движется по направлению к поверхности $s_i^* = f_i(s)$. В дискретном случае

подобная тактика поведения может быть описана итерационной процедурой

$$\forall\, i,\ k:\ s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k\left[s_i^* - s_i^k\right],\ \ \gamma_i^k \in [0,1],$$

где s_i^k - точка на сегменте $\left[d_i, D_i\right]$, которую элемент A_i выбирает в k - м периоде.

Конкретное значение γ_i^k, определяющее величину шага $\Delta s_i^k = s_i^{k+1} - s_i^k$, может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. Ограничение $\gamma_i^k \le 1$ означает, что в системе отсутствует «перерегулирование» т.е. каждый A_i делает шаг не больший, чем расстояние (по направлению s_i) от s_i^k до поверхности $s_i^* = f_i(s)$.

Рассмотрение игровых моделей приводит к мысли видоизменить модель в несколько ином направлении. Как правило в реальных ситуациях функции выигрыша f_i элемента неизвестны. Элемент A_i располагает лишь локальной информацией о собственной функции выигрыша, зная поведение $f_i(s)$ в некоторой малой окрестности точки, в которой находится система. Еще лучше сказать, что A_i в состоянии оценить лишь направление роста $f_i(s)$ по собственной переменой. В таких условиях гипотеза индикаторного поведения представляется наиболее правдоподобной. В этом случае процедуру (6.2) можно считать адекватной реальному динамическому процессу лишь в предположении, что элементы делают в нужном направлении заведомо малые шаги. Не будучи уверенным в этом, едва ли можно считать выполненным ограничение $\gamma_i^k \le 1$, так как элементы не располагают информацией для вычисления текущих положений цели.

Если указанное предположение не выполняется, то приходится изучать итерационную процедуру вида

$$\forall\, i,k: \quad s_i^{k+1} = s_i^k + \xi_i^k \operatorname{sign} g_i(s^k)$$

где $\xi_i^k \ge 0$ означает длину шага $\xi_i^k = (s_i^{k+1} - s_i^k)$, а $g_i(s^k) = \dfrac{\partial D_i(s)}{\partial s_i}$ - функция - индикатор.

Все рассмотренные правила поведения «автоматов» представим в следующем виде:

1. $s_i^{k+1} = s_i^k \pm \gamma_i^k, \quad \gamma_i^k > 0$ - стратегия автомата «плюс-минус» шаг;
2. $s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k \operatorname{sign}\ g_i(s),$

$$\operatorname{sign} g_i(s) = \begin{cases} -1, & \text{если} \quad g_i(s) < 0 \\ 0, & \text{если} \quad g_i(s) = 0 \\ 1, & \text{если} \quad g_i(s) > 0 \end{cases} -$$

стратегия автомата «шаг по градиенту»;

3. $\hat{s}_i^{k+1} = \hat{s}_i,\ s_i \in [SMIN, SMAX]$ - стратегия автомата «поиск в интервале».

Постановка задачи игры

Рассмотрим систему, состоящую из управляющего органа (центра) и n подчиненных организаций. Задача центра - так распределить имеющийся у него ресурс R между n элементами, чтобы выигрыш системы в целом был наибольшим.

Приняты следующие предположения: руководство каждой организации знает эффективность переработки ресурса на своем производстве, т.е. знает величины своих выигрышей в зависимости от количества выделенного ресурса; центру известен характер зависимости выигрышей подсистем от количества ресурса, но точных значений показателей эффективности использования ресурсов в организациях центр не знает.

Функционирование описываемой системы в течение одного планового периода предполагается следующим:

- на этапе формирования данных управляющий орган получает от подсистем сведения об эффективности переработки ими ресурса, то есть оценки показателей эффективности;
- на этапе планирования управляющий орган на основании поступивших «снизу» данных решает задачу оптимального распределения ресурса с целью максимизации эффективности всей системы;
- на этапе реализации плана каждая подсистема использует выделенное ей количество ресурса в соответствии с истинным показателем эффективности использования ресурса; подсчитываются выигрыши отдельных подсистем и системы в

целом. Суммарный выигрыш каждого элемента складывается из его выигрышей в последовательности партий.

Описание модели игры

Обозначим:

n - количество организаций в системе;

R - количество ресурса, выделяемое организации i, $i = \overline{1, n}$;

$f_i(x_i)$ - функция, определяющая режим потребления ресурса в организациях (она одна и та же для всех организаций и известна управляющему органу);

r_i - коэффициент эффективности использования ресурсов i-й организацией;

$r_i f_i(x_i)$ - эффект от использования i-й организацией ресурса в количестве x_i;

s_i - оценка величины r_i руководством i -й организации, сообщаемая центру на этапе формирования информации.

Целевая функция всей системы (ее представляет центр) определяется выражением

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} r_i f(x_i).$$

На этапе планирования центр на основе сообщенной ему информации решает задачу

$$\left.\begin{aligned}&\Phi = \sum_{i=1}^{n} s_i f(x_i) \to \max\\&\sum_{i=1}^{n} x_i \le R\end{aligned}\right\}$$

и находит величины $\{x_i\}$.

На этапе реализации плана деятельность организаций оценивается центром путем сопоставления достигнутого организацией эффекта $r_i\, f_i(x_i)$ и затраченных ресурсов.

Формально целевая функция i - ой организации записывается в виде

$$\varphi_i = r_i f_i(x_i) - \lambda x_i$$

где λ - коэффициент приведения количества ресурса к эффекту за счет его использования (условно можно назвать его ценой единицы ресурса).

В случае анализа принципа жесткой централизации «цена» λ единицы ресурса постоянна и назначается центром из соображений, непосредственно к задаче распределения ресурса не относящихся: следует учесть порядок величин $s_i\, f_i(x_i)$ и x_i, чтобы величины φ_i были положительными.

При использовании в системе принципа согласованного управления центр должен учитывать, кроме условия (6.7), и условия согласования. Это условие может быть записано в виде соотношения

$$s_i f_i(x_i) - \lambda x_i = \max_{0<u_i<\infty}\left[s_i f_i(u_i) - \lambda u_i\right].$$

Выполнение этого условия обеспечивается соответствующим выбором «цены» единицы груза , где λ определяется из системы уравнений:

$$\frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_i} = \frac{\lambda}{s_i},\ i = 1 \div n \text{ при } \sum_{i=1}^{n} x_i = R.$$

Для простоты вычислений используется $f_i(x_i) = \sqrt{x_i}$. При этом решение задачи центра на этапе планирования имеет вид

$$x_i = \frac{R}{\sum_{j=1}^{n} s_j^2} \cdot s_i^2,$$

а величина λ (в случае принципа согласованного управления) определяется по выражению

$$\lambda = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} s_j^2}{R}}.$$

<u>**Организация и проведение игры**</u>

1. Определение цели и выбор соответствующей модели поведения автоматов.

2. Отбор группы из N - участников игры (в том числе и автоматов). Назначение ведущего игры (он может играть роль управляющего органа).

3. Пояснение ведущим механизма игры - содержательное описание моделируемой ситуации, принципа распределения ресурсов, целей подсистем и центра. Неформальный анализ

игровой ситуации для механизма игры и ограничения периода обучения. При объяснении принципа жесткой централизации важно показать участникам, что при дефиците ресурса будет тенденция к завышению заявок и наоборот.

Из выражения для φ_i следует, что для получения максимального выигрыша каждая организация должна получить ресурса

$$x_i = \frac{r_i^2}{4\lambda^2}.$$

Исходя из этого, можем написать выражение для случая избыточности и дефицита ресурса.

$$N \cdot \max_i\left(\frac{r_i^2}{4\lambda^2}\right) < R \text{ - избыток ресурса}$$

$$N \cdot \max_i\left(\frac{r_i^2}{4\lambda^2}\right) > R \text{ - дефицит ресурса.}$$

В случае согласованного управления оценки должны быть «компромиссными»: увеличение оценок s_i приводит к увеличению количества получаемого ресурса, но увеличивается и величина λ; уменьшение оценок s_i приводит к уменьшению λ, но уменьшается и количество получаемого ресурса - и то и другое может быть не выгодно участникам.

4. Назначение подсистемой величин r_i. Задание границ оценок $s_i \in [SMIN, SMAX]$. Назначение величины λ (в случае жесткой централизации).

5. Начало партии игры. Участники сообщают центру оценки s_i коэффициентов эффективности использования ресурса. Для автоматов начальное значение задает ведущий.

6. Этап планирование. Центр решает задачу (6.6) - в случае жесткой централизации, или (6.6, 6.8) при согласованном управлении с помощью ЭВМ, предварительно вызывая программу согласно выбираемой модели поведения автоматов.

Центр сообщает участникам полученные значения x_i и соответствующую этому значению функцию выигрыша φ_i по формуле (6.7) , и если решалась задача согласованного управления - значение λ - по формуле (6.10).

7. Этап реализации. Организации «реализуют» выделенные ресурсы с учетом истинных коэффициентов и сообщают s_i на следующий период игры.

Обсуждение результатов игры при различных стратегиях «автомата»

1.Стратегия автомата «плюс-минус шаг». После очередной партии игры автомат сравнивает значение своей целевой функции в текущей партии со значением в предыдущей. Если текущее значение более выигрышное, чем предыдущее, то автомат делает шаг в этом направлении, если проигрышное, то «пробует» сделать шаг в обратном направлении. Если это дает выигрыш, то автомат придерживается этой стратегии, если нет, то автомат не меняет своей первоначальной стратегии. Здесь автомат «придерживается» аксиомы индикаторного поведения (6.2): делает шаг к положению цели, предполагая при этом, что остальные игроки придерживаются своих прежних стратегий.

Эта стратегия самая простая. В начальных партиях игры автомат по этой стратегии может и проигрывать, но ее достоинством является то, что она наглядно демонстрирует ход движения к цели. При игре с игроками, не достаточно понимающими природу игры, автомат по этой стратегии обычно выигрывает. Шаг для всех автоматов принят нами равным единице и не меняется в течение игры.

В таблицах 6.1 и 6.2 даны числовые данные для случая жесткой централизации соответственно при дефиците (**R** = 300) и избытке (**R** = 600) ресурсов, а в таблице 6.3 -для случая согласованного управления. В игре участвуют два игрока и «автомат», приняты $\mathbf{r_i = 10}$, $\mathbf{d_i = 1}$, $\mathbf{D_i = 20}$, т.е. $\mathbf{s_i \in [1;\ 20]}$, λ = 0,5 (для случая жесткой централизации). Графические зависимости $\mathbf{s_i}$, φ_i и Φ от периодов игры - **t** представлены на рисунках 6.1 - 6.3. Для жесткой централизации при дефиците ресурса при **t** $\geq$ 9 стратегия игроков $\mathbf{s_i}$ стремится к максимальному значению - $\mathbf{D_i}$, а при избытке ресурса стратегия - $\mathbf{s_i}$ стремится к минимальному значению $\mathbf{d_i}$.

Для случая согласованного управления (рис.6.3) $\mathbf{s_i} = \alpha \mathbf{r_i}$ $\forall \mathbf{i} : \mathbf{i} = \overline{\mathbf{1, 3}}, \mathbf{0} < \alpha \geq \mathbf{1}$.

2.Стратегия автомата «шаг по градиенту». По данной стратегии автомат делает шаг согласно итерационной процедуре (6.3).

Представляется интересным нахождение функции индикатора $g_i(s)$ для конкретной игры. Рассмотрим задачу оптимального распределения ресурса. При определенных (очевидных) предположениях функцией-индикатором для A_i может служить

$$g_i(s) = \frac{\partial D_i}{\partial s_i} = (\frac{d\varphi_i}{dx_i} - \lambda)\frac{\partial x_i}{\partial s_i} - x_i\frac{\partial \lambda}{\partial s_i}$$

Непосредственно наблюдаемыми величинами для A_i являются x_i, λ и s_i, и если последних недостаточно для определения производных $\frac{\partial x_i}{\partial s_i}$ и $\frac{\partial \lambda}{\partial s_i}$, то A_i не в состоянии вычислить текущее значение функции - индикатора вида (6.11). Но если величина $x_i \frac{\partial \lambda}{\partial s_i} \Big/ \frac{\partial x_i}{\partial s_i}$ достаточно мала (как в случае слабого влияния), то A_i в качестве функции - индикатора может использовать

$$g_i(s) = \frac{d\varphi_i}{dx_i} - \lambda .$$

Элемент A_i может руководствоваться в своем поведении функцией индикатором (6.12) даже в том случае, когда он в состоянии вычислить производные $\frac{\partial x_i}{\partial s_i}$ и $\frac{\partial \lambda}{\partial s_i}$, но, сознавая свое слабое влияние на цену, не желает производить вычислений, дающих заведомо малый эффект. Подставляя $\varphi_i = r_i f(x_i) = r_i \sqrt{x_i}$ для нашей модели, в (6.12) получаем

$$g_i(s) = \frac{r_i}{2\sqrt{x_i}} - \lambda$$

Данная игра предназначена для участников с более высокой степенью подготовки. Здесь применяется автомат с выбором стратегии s_i^{k+1}, ориентирующийся на знак градиента - $\frac{\partial D_i}{\partial s_i}$. Если значение градиента положительно, то автомат делает шаг γ_i^k в этом направлении, если значение градиента отрицательно, то автомат делает шаг γ_i^k в обратном направлении, т.е. в сторону уменьшения величины заявок s_i^k.

Числовые данные представлены в таблицах 6.4 и 6.5 для случаев дефицита (R = 200) и избыток (R = 1000) ресурсов с $\lambda = 0{,}5$ при жесткой централизации, а в таблице 6.6 - данные при согласованном управлении, где R=800. Приняты $r_i = 15$, $s_i \in [1; 20], \forall i: i = \overline{1,3}$. Графические зависимости s_i, φ_i и Φ от периодов игры t представлены на рисунках 6.4÷.6.6. После пятого периода игры игроки уже более быстро выходят на устойчивые ситуации ($s_i = D_i$ при дефиците, $s_i = d_i$ при избытке ресурсов и $s_i = \alpha r_i$ при согласованном управлении - рис.6.6).

3.Стратегия автомата «поиск в интервале». «Автомат» ищет свою стратегию методом перебора в интервале [SMIN, SMAX], который является интервалом допустимых значений оценки s_i.

То, чего не хватало «автоматам» в предыдущих играх (имеется в виду беспроигрышное поведение, доминирование под другими участниками) они имеют в этой игре. Хотя это достигается дорогой ценой, из-за которой этот «автомат» может рассматриваться лишь как средство тренировки игроков. Существенным здесь является то, что «автомат» после сообщения игроками своих стратегий делает перебор всех своих стратегий из области $\left[d_i, D_i\right]$, зная информацию, поступившую от всех игроков, и сравнивая целевые функции по всей области, выбирает из них максимальную.

«Автомат» обладает свойством беспроигрышного поведения и не дает никому себя опередить. Однако в игре может участвовать лишь один такой «автомат».

Числовые данные и графические зависимости представлены в таблицах 6.7 - 6.9 и на рисунках 6.7 - 6.9, соответственно для жесткой централизации и согласованного управления.

Таблица 6.1

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 300	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	3	6	1	0,5	47	36,7	22	277,9
2	15	10	4	0,5	42,9	49,7	129,9	302,5
3	9	15	7	0,5	47,5	45,7	42,1	327,5
4	5	16	10	0,5	31,7	46,5	47,8	323,8
5	11	18	12	0,5	45,6	48,9	47,3	339
6	8	16	14	0,5	38,5	49,9	49,6	337,5
7	10	18	16	0,5	40,6	50	49,7	339,7
8	12	20	18	0,5	42	50	49,5	341,1
9	20	20	18	0,5	49,6	49,6	48,4	345,9
10	20	20	20	0,5	49,1	49,1	49,1	346,4

Таблица 6.2

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 600	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	1	20	20	0,5	6,8	41,5	41,5	431,2
2	5	10	18	0,5	48,4	47,7	41,5	479
3	12	10	16	0,5	49,8	49,4	40,9	475,7
4	14	8	13	0,5	41,9	48	45,4	480,8
5	9	6	10	0,5	47,2	48,5	42,9	481,5
6	11	8	8	0,5	6,4	49,4	49,4	484,6
7	7	4	6	0,5	39,2	48,7	46,7	481,3
8	1	3	4	0,5	30,7	49,1	36,9	453,6
9	8	1	4	0,5	1	21,8	50	422,8
10	3	1	2	0,5	23,2	41	48,8	461,8
11	1	1	1	0,5	47,5	47,5	47,5	489,9

Таблица 6.3

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 600	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	1	1	1	0,04	106,2	106,2	106,2	447,2
2	5	3	3	0,16	116,3	79	79	434
3	8	7	5	0,29	84	79,7	68	437,9
4	15	9	8	0,47	40,3	53,2	51,5	429,3
5	11	10	8	0,43	57,9	58,5	57,9	444,2
6	9	10	9	0,41	59,8	60,4	59,8	446,7
7	7	10	9	0,39	57,7	63,4	62,8	445
8	8	10	9	0,40	59,5	61,9	61,3	445,8
9	10	10	9	0,43	58,8	58,8	58,2	446,6
10	9	9	9	0,4	61,5	61,5	61,5	447,2

Таблица 6.4

№ партии	r_1=15	r_2=15	r_A=15	R= 200	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	8	5	3	0,5	104,3	79,2	53	389,6
2	10	12	6	0,5	87,7	97,6	60,2	405,7
3	15	18	12	0,5	83	93,3	70,8	417,9
4	20	20	15	0,5	88	88	72	420
5	20	20	17	0,5	85,3	85,3	76,2	422,9
6	20	20	18	0,5	83,9	83,9	78	423,7
7	20	20	19	0,5	82,5	82,5	79,6	424,12
8	20	20	20	0,5	81	81	81	424,3

Таблица 6.5

№ партии	r_1=15	r_2=15	r_A=15	R = 1000	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	19	15	18	0,5	110,3	111,4	111,8	945,6
2	16	14	15	0,5	110,8	112,5	112,2	947,6
3	12	8	13	0,5	111,8	103,8	109,2	933,8
4	8	10	11	0,5	112	109,3	112,2	945,7
5	6	12	8	0,5	103,7	90,6	112,3	918,9
6	8	8	5	0,5	104,6	104,6	107,5	924,4
7	2	4	2	0,5	107,9	72,9	107,9	896,4
8	1	6	3	0,5	54,8	56,5	110	831,48
9	1	1	1	0,5	112,2	112,2	112,2	948,67

Таблица 6.6

№ партии	r_1=15	r_2=15	r_A=15	R =800	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	9	1	7	0,24	199,2	4,4	169,7	758,9
2	5	2	4	0,14	226,3	101,4	188,3	814,8
3	10	5	10	0,32	156,9	98,	156,9	823,7
4	12	10	13	0,43	126,6	117,2	129,5	844,2
5	15	13	14	0,5	113,5	111,5	112,9	847,5
6	17	15	15	0,55	100,6	102,5	102,5	847,2
7	16	14	14	0,53	105,4	105,4	105,4	846,6
8	15	13	15	0,51	109,5	106,7	109,5	847
9	15	15	15	0,53	106	106	106	848,5

Таблица 6.7

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 300	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	1	1	2	0,5	41	41	48,8	230,9
2	5	10	15	0,5	30,6	47	49	226,8
3	15	10	19	0,5	48,2	39,4	49,9	237,6
4	17	5	19	0,5	49,7	23,5	49,9	223,2
5	19	7	19	0,5	49,95	29,3	49,95	229,2
6	20	10	20	0,5	49,8	36	49,8	235,7
7	20	12	20	0,5	49,7	39,9	49,7	239,3
8	20	16	20	0,5	49,2	45,4	49,2	243,7
9	20	18	20	0,5	48,8	47	48,8	244,
10	20	20	20	0,5	48,3	48,3	48,3	244,9

Таблица 6.8

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 600	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	20	20	14	0,5	34,2	34,2	49,6	419,12
2	18	15	14	0,5	27,2	42,2	49,3	418,7
3	16	10	9	0,5	11,7	48,5	49,85	410,1
4	14	5	7	0,5	-9,08	46,76	49,9	387,6
5	12	2	6	0,5	-18,09	29,6	49,65	361,2
6	8	1	4	0,5	-19,3	23,5	49,6	353,8
7	4	2	2	0,5	-14,7	39,2	49,7	374,2
8	2	1	1	0,5	0	50	50	400
9	1	1	1	0,5	41,5	41,5	41,5	424,3

Таблица 6.9

№ партии	r_1=10	r_2=10	r_A=10	R= 600	φ_i			Ф
	s_1	s_2	s_A	λ	φ_1	φ_2	φ_A	
1	2	1	4	0,094	96,8	50,8	171	347,2
2	6	3	7	0,198	106	64,4	114,9	404,2
3	9	6	8	0,275	90	76,5	87,3	418,7
4	12	9	9	0,357	67,2	69,3	69,3	420
5	15	12	9	0,433	43,3	55,4	57,2	415,7
6	12	10	9	0,368	65,2	67,9	67,5	421,5
7	10	9	8	0,320	78,3	77,5	77,1	422,5
8	10	10	9	0,342	73	73	72,4	423,7

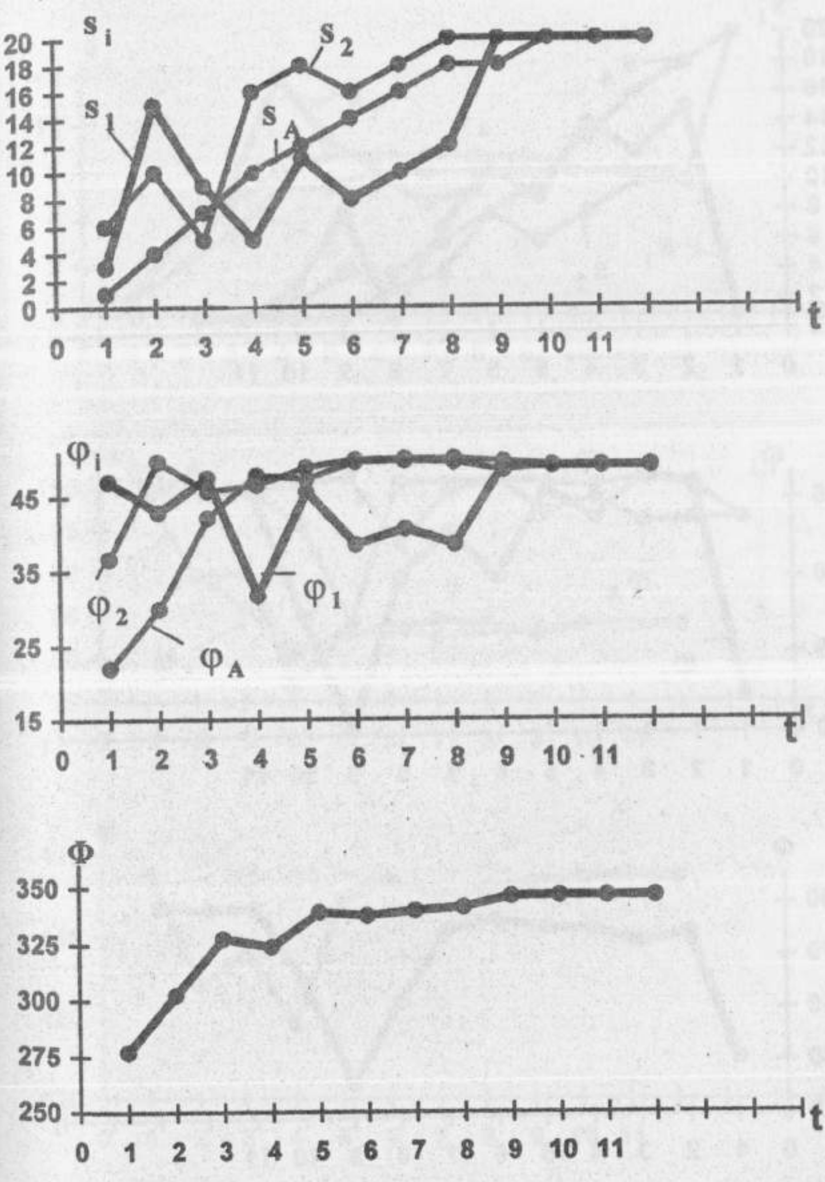

s i
s 2
s 1
s A
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ i
45
35
25
15
φ 1
φ 2
φ A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
350
325
300
275
250
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.1

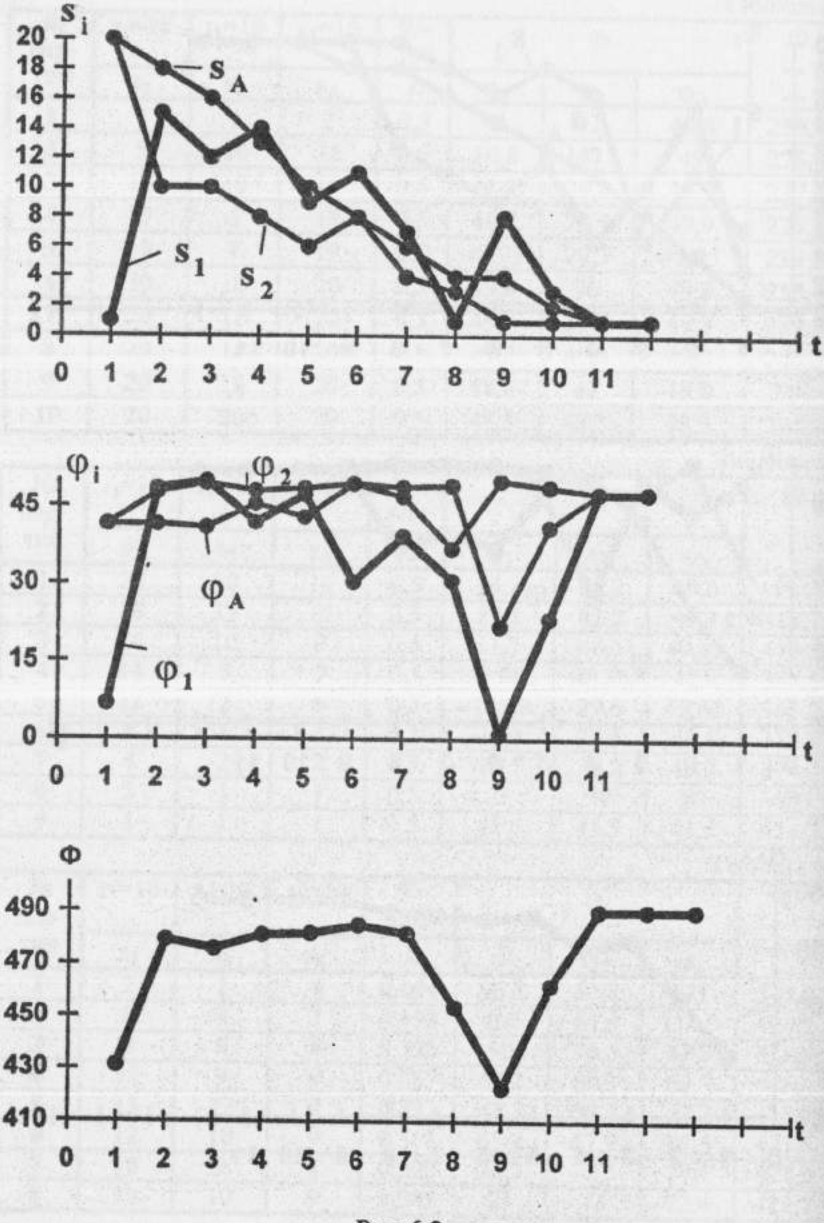
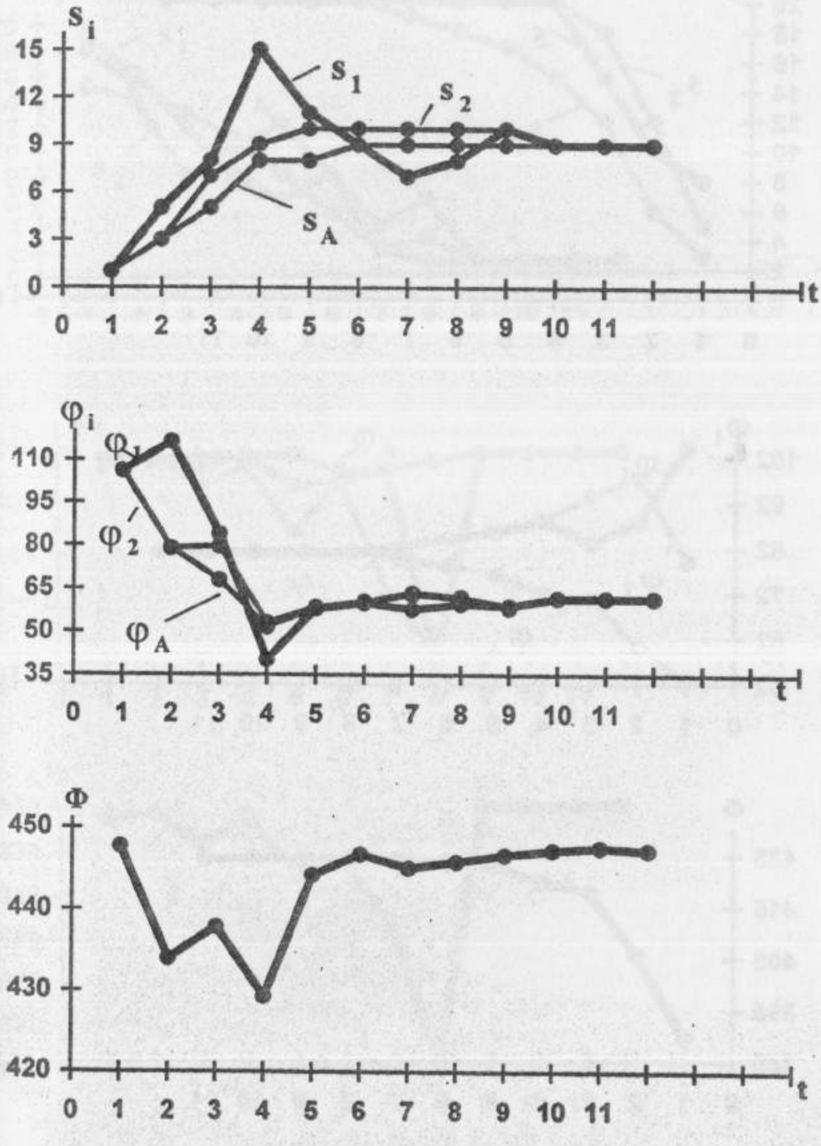

s i
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
s A
s 1
s 2
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ i
φ 2
45
30
15
0
φ A
φ 1
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
490
470
450
430
410
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис.6.2



S i
15
12
9
6
3
0
S 1
S 2
S A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ i
110
95
80
65
50
35
φ 1
φ 2
φ A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
450
440
430
420
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.3

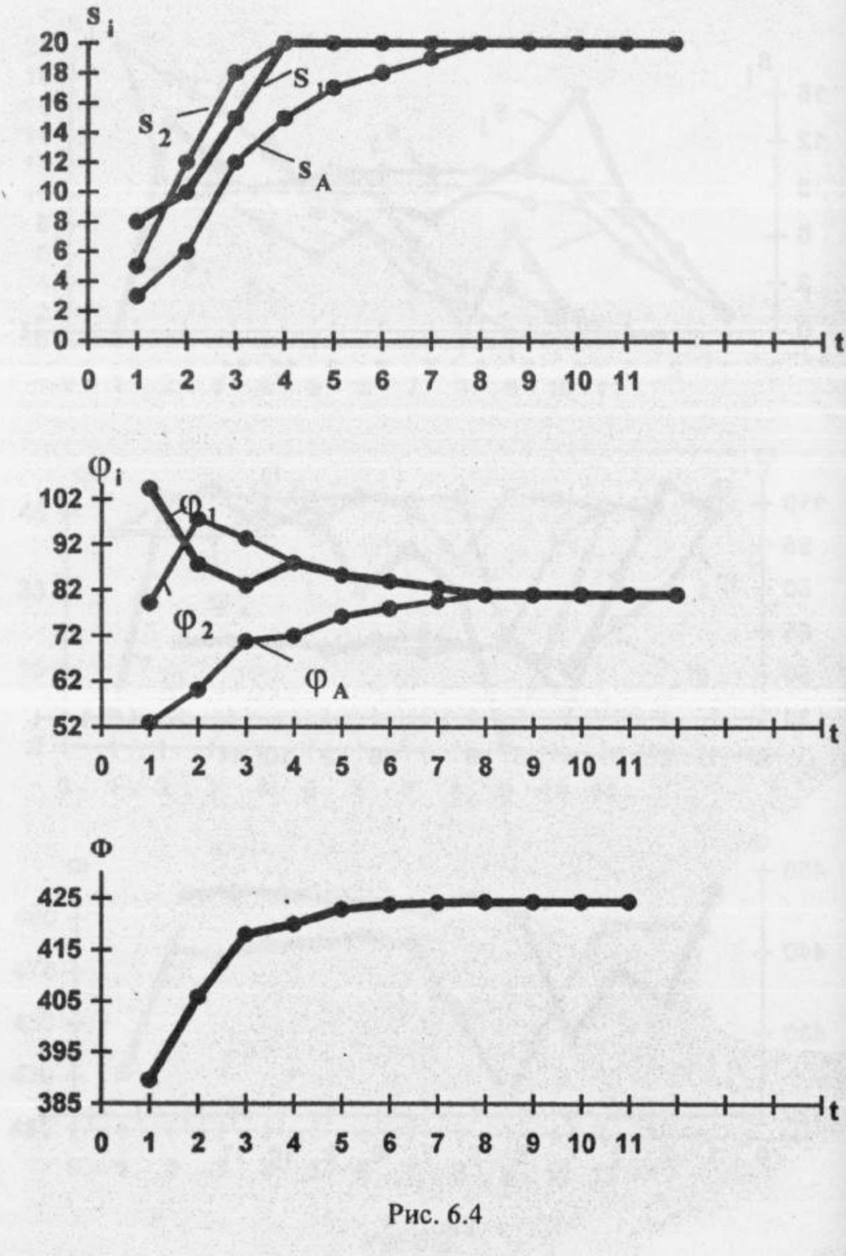
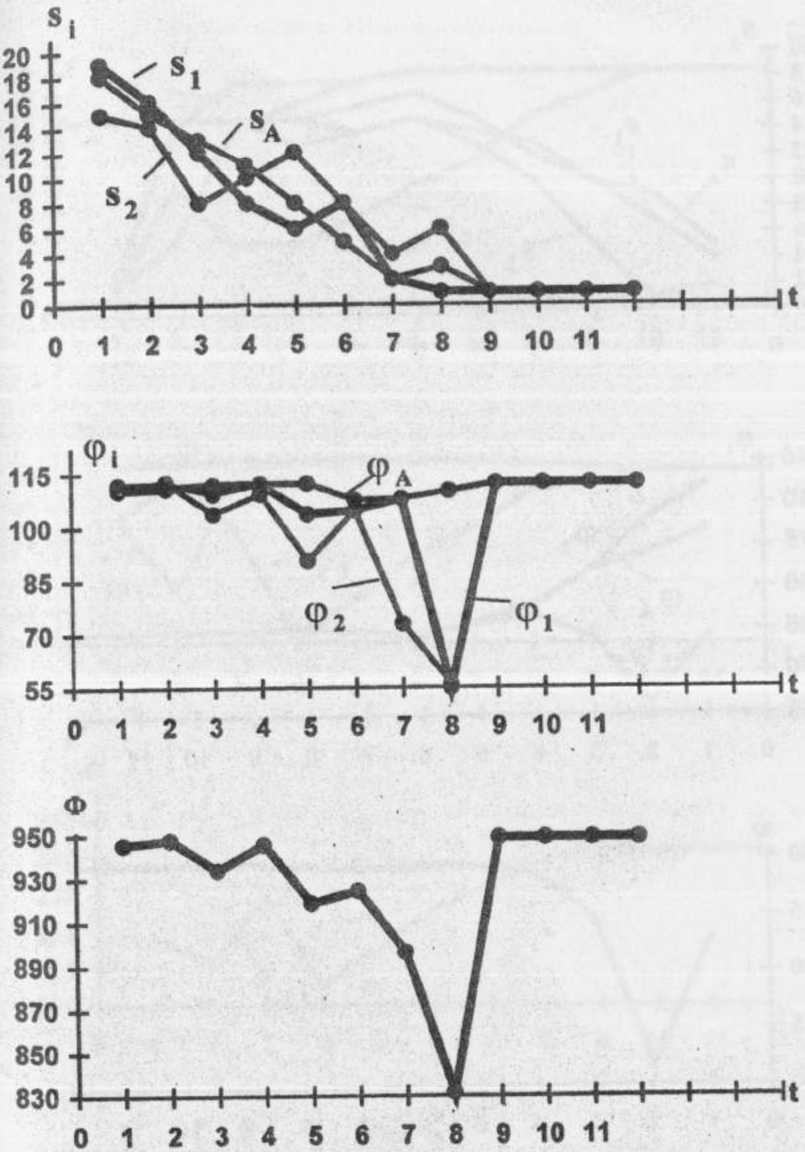
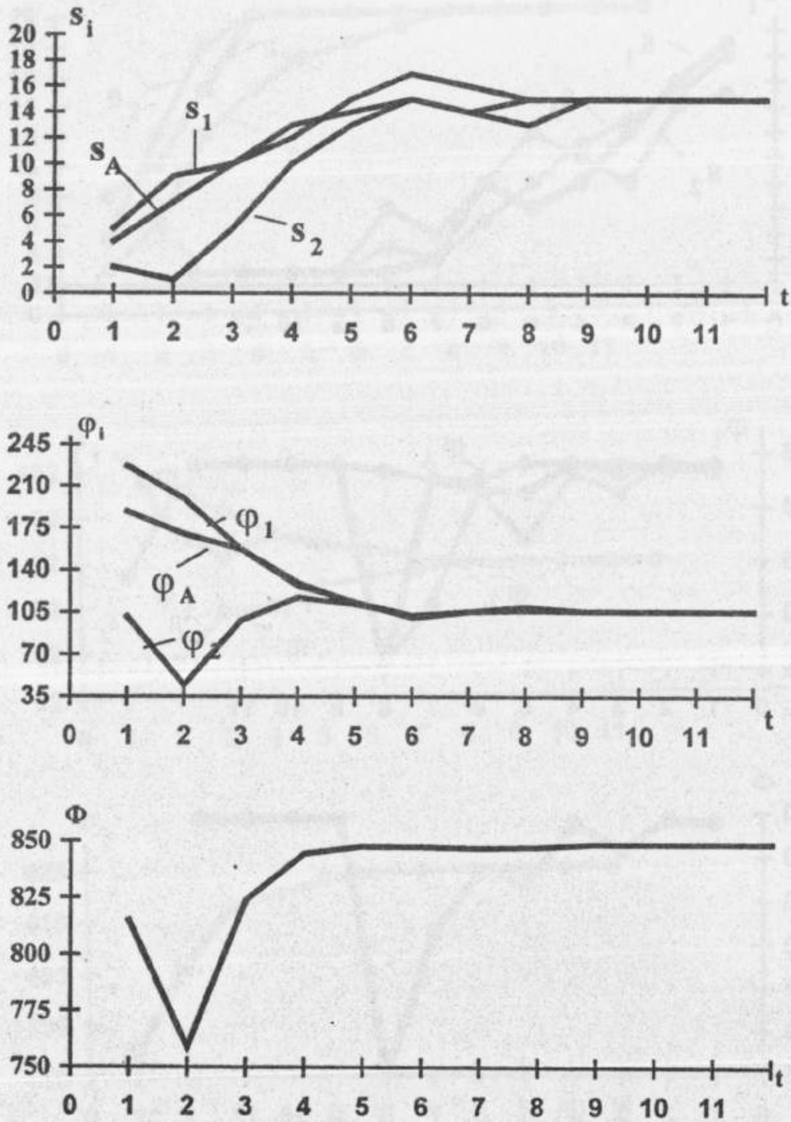

s i
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
s 1
s 2
s A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ i
102
92
82
72
62
52
φ 1
φ 2
φ A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
425
415
405
395
385
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.4



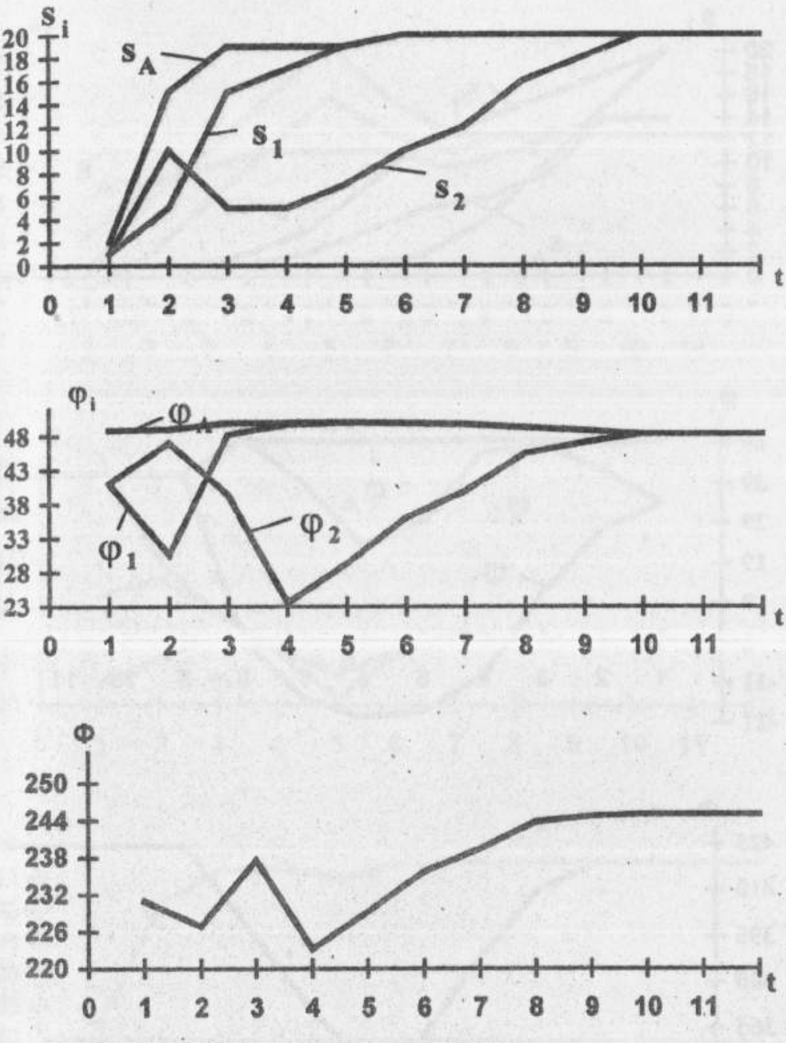
s_i
s_1
s_A
s_2
20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
t
φ_i
φ_A
φ_2
φ_1
115 100 85 70 55
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
t
Ф
950 930 910 890 870 850 830
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
t

Рис. 6.5



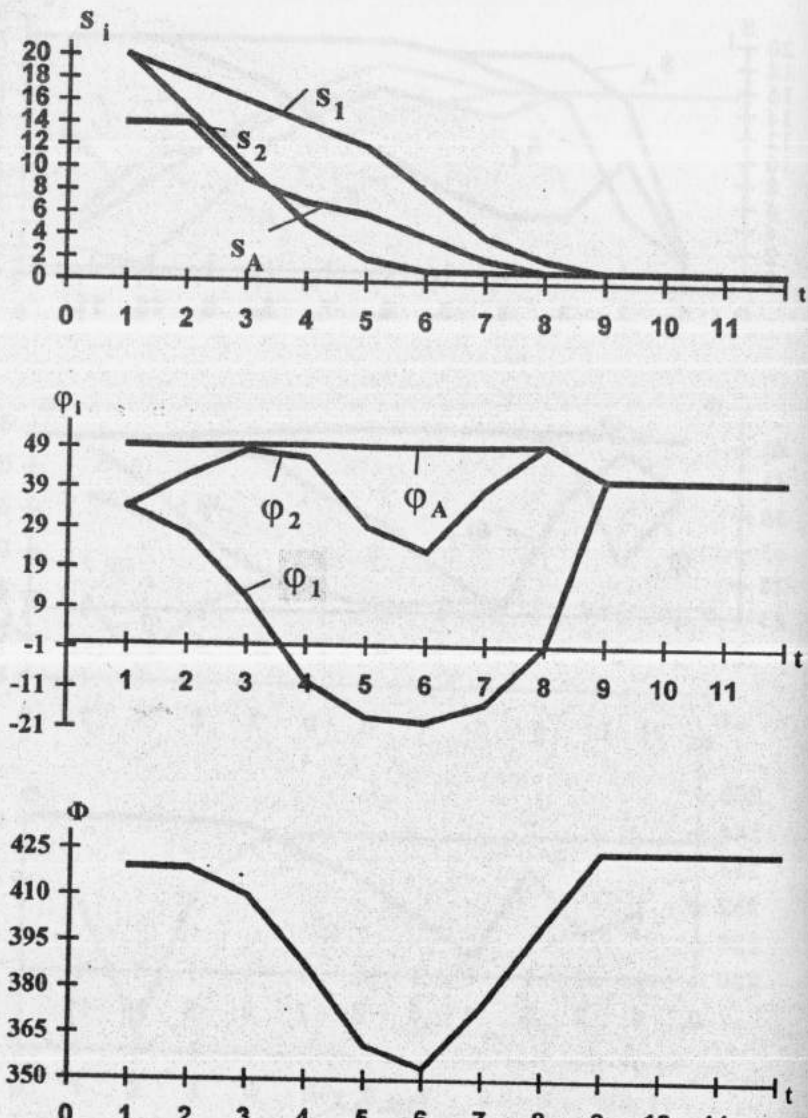
s_i
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
s_1
s_A
s_2
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ_i
245
210
175
140
105
70
35
φ_1
φ_A
φ_2
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
850
825
800
775
750
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.6



s_i
s_A
s_1
s_2
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ_i
φ_A
φ_1
φ_2
48
43
38
33
28
23
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
250
244
238
232
226
220
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.7



s i
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
s 1
s 2
s A
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φi
49
39
29
19
9
-1
-11
-21
φ 2
φ A
φ 1
t
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
425
410
395
380
365
350
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.8

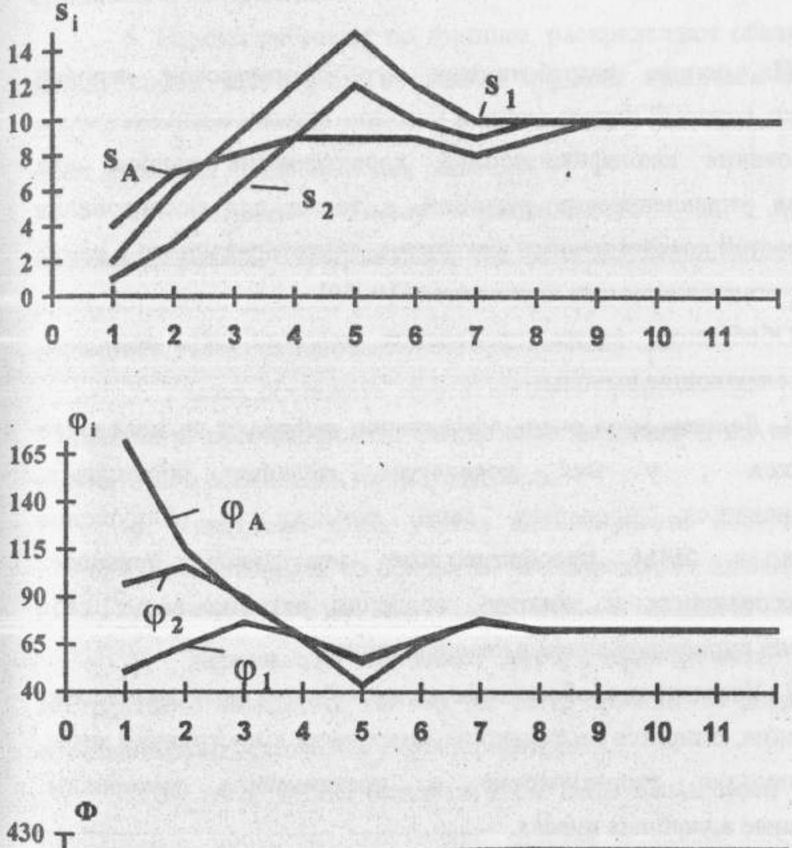

s_i
14
12
10
8
6
4
2
0
S_A
S_1
S_2
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
φ_i
165
140
115
90
65
40
φ_A
φ_2
φ_1
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Φ
430
415
400
385
370
355
340
t
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Рис. 6.9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разработанных игр сформирован игровой комплекс, который используется в учебном процессе для активного формирования квалификационных характеристик кадров, для принятия управленческих решений, а также для исследования особенностей хозяйственного механизма, синтезированного в рамке теории организационного управления [19, 20].

Обобщение опыта проведения деловых игр позволяет сделать следующие выводы:

1. Деловая игра очень эффективно действует на поведение участников , у них появляется желание пообщаться, посоревноваться, проверить свои возможности Ощущение общения с ЭВМ преобразовывает участников, повышает заинтересованность к занятию, особенно активно ведут себя слушатели курсов повышения квалификации.

2. Участники в обстановке условной практики закрепляют свои знания, опираясь не только на положения в инструкции игры, но используя теоретические и практические материалы, пройденные в учебных курсах.

3. В игре наглядно переплетаются основные понятия, излагаемые в специальных дисциплинах по таким разделам, как постановка задачи, формализация математической модели, методы решения, игровые ситуации, программное обеспечение и др.

4. Для обработки результатов, т.е. при подведении итогов проведения деловых игр, используются конкретные прикладные

методы, что позволяет студентам представить в наглядном виде их применение на практике.

5. Игроки работают по группам, распределяют обязанности между собой так, чтобы в сжатом игровом масштабе времени получить эффективные решения; в результате у них приобретается опыт принятия коллегиальных решений.

6. Игроки имеют возможность на практике проанализировать определенный тип хозяйственных механизмов, прочувствовать динамику задачи и приобретают опыт принятия решений в условиях неполной информированности.

7. Учатся оценивать эффективность принимаемых решений - оценивать, прогнозировать ожидаемые действия и их конечные результаты и обосновать их теоретически.

8. Участники игры учатся анализировать поступающую информацию, отбирать то основное, что определяет хозяйственное положение объектов в каждый фиксированный момент времени.

9. Игроки в процессе игры приобретают навыки абстрактного мышления, так как им часто приходится оперировать обобщенными, условными характеристиками.

Для того, чтобы деловая игра дала ожидаемый эффект, необходимо проводить несколько циклов и после обсуждения результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимов В.М. Комаров В.Ф.* Введение в управленческие имитационные игры. - М.: Наука, 1980.
2. *Комаров В.М.* Управленческие имитационные игры и АСУ. - Новосибирск: Наука, 1979.
3. *Рыбальский В.И.* АСУ строительством и деловые игры. -М.: Стройиздат, 1983.
4. *Гидрович С.Р., Сыроежин И.М.* Игровое моделирование экономических процессов. Деловые игры. - М.: Экономика, 1976.
5. *Сыроежин И.М. и др.* Моделирование и оценка процессов труда: учебное пособие. -Л.: ЛФЭИ, 1977.
6. *Жуков Р.Ф. и др.* Методика разработки и оформления деловых игр. - Л.: ИПК, 1975.
7. *Лифшиц А.Л.* Подготовка и проведение деловых игр: Методические указания. - Л.: НПО «Ленэлектронмаш», 1977.
8. *Бурков В.Н.* Теория организационного управления и деловые игры. - М.: ИПУ, 1983.
9. *Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Малевич А.А., Немцева А.Н., Щепкин А.В.* Деловые игры в принятии управленческих решений. Учебное пособие МИСИС, 1986.
10. Деловые игры. - М.: ИПУ, 1977.

11. *Кулжабаев Н., Ловецкий С.Е.. Резер С.М.* Распределение грузопотоков по видам транспорта и направлениям (метод.указания к пров.деловых игр). М., ВЗИИТ, 1979.

12. *Кулжабаев Н., Хисаров Б.Д.* Руководство к лабораторным работам по курсу «Проектирование подсистем и звеньев АСУ», ч.II-III. Алма-Ата. КазПТИ, 1980.

13. *Кулжабаев Н., Никонов А.В.* Деловая игра «Сбыт готовой продукции». Деловые игры в принятия управленческих решений. Учебное пособие, ч.III, М., МИС и С, 1980.

14. *Кулжабаев Н.М.* Комплекс деловых игр для исследования механизмов функционирования производственной системы. - Материалы VIII - Всесоюзного семинара - совещания «Управления большими системами» Алма - ата: КазПТИ, 1983.

15. *Нарибаев К.Н., Кулжабаев Н.М.* Концепция конструирования учебных автоматизированных имитационных игр. - Тезисы докладов XVI- семинара ИФАК/ИСАГА «Деловые игры и имитационное моделирование». М.: ИПУ, 1985.

16. *Кулжабаев Н.* Конструирование деловых игр. Методическое руководство для разработки учебных деловых игр. Алма-Ата, КазПТИ, 1988.

17. *Кулжабаев Н., Салыкбаев Б.Г.* Учебные имитационные игры на примере транспортных моделей. Тезисы докладов. Применение инженер. имитационных игр для моделирования деятельности коллектива. Вып.832. М., МИИТ. 1990.

18. *Опойцев В.И.* Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М.: Наука, 1977.

19. *Кулжабаев Н.. Салыкбаев Б.Г.* Комплекс деловых игр для моделирования управленческих решений в производственно-транспортной системе. Проблемы информационной технологии. Межвузовский сборник научных трудов. Алма-Ата, 1992.

20. *Кулжабаев Н.* О концепциях конструирования деловых игр. Межвузовский сб. науч. трудов «Деловые игры, имитация производства и управление», Алматы, 1993.

21. *Бурков В.Н.* Основы математической теории активных систем М.: Наука, 1977.

А.Б. Гуреев, Н.И. Динова, Н.М. Кулжабаев, А.В. Щепкин

УЧЕБНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ

Препринт

Формат бумаги 60×84/16. Уч.-изд. л. 4,8.

Тираж 100. Заказ 89.

117806, Москва, Профсоюзная 65

Институт проблем управления

им. В.А. Трапезникова РАН