

Финансовые воротилы,

или...

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ И МАШИННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование нередко оказывается удобным средством для изучения тех или иных ситуаций, которые характерны для реальной жизни. Процесс моделирования дает нам кроме множества курьезов некоторые знания об изучаемом объекте. В самом деле, многие так увлекаются исследованием модели, что уже не возвращаются к объекту как таковому. Попробуйте, что получится у вас.

Деловая игра Менеджмент¹⁾

Решением совета директоров крупного промышленного концерна вы назначены президентом компании. Компания владеет несколькими фабриками. Каждый месяц компания покупает сырье, обрабатывает его и продает изготовленную продукцию публике, ждущей ее с нетерпением. Вам теперь придется решать, сколько и каких товаров выпускать, стоит ли и когда именно расширять производственные мощности, как финансировать их расширение и как принять скромно-застенчивый вид, отчитываясь о незаконных прибылях. Перед тем как приступить к работе, вы строите модель промышленности в целом, чтобы в частном порядке отработать свою линию поведения. И вот какую игру вы в результате изобрели.

Начальная ситуация

Моделирование ведется с шагом по времени в один месяц. В начале игры каждый игрок (президент компании) получает две **обычные фабрики**, **четыре единицы сырья и материалов** (сокращенно ЕСМ), **две единицы готовой продукции** (сокращенно ЕГП) и 10 000 долл, наличными. Игроки занумерованы от 1 до N, и в первом круге игрок 1 — **старший**. С каждым кругом (т. е. ежемесячно) роль старшего переходит к следующему по порядку номеров игроку, после N-го старшим становится опять первый (так что

¹⁾ Все права на изобретение деловой игры *менеджмент* принадлежат фирме Avalon Hill Company, 4517 Harford Road, Baltimore, MD, 21214, которая ее опубликовала. Мы слегка изменили правила, чтобы этюд легче было программировать.

номер старшего в круге T вычисляется по формуле $(T \bmod N) + 1$. На торгах при прочих равных условиях выигрывает самый старший игрок (тот, кто будет старшим в следующем круге).

Ежемесячные операции

Описанные ниже сделки происходят каждый месяц и именно в таком порядке. Если в какой-то момент компания не может выполнить своих финансовых обязательств, она немедленно объявляется банкротом. Ее имущество пропадает, и она выходит из игры (так что лучше иметь наготове запас наличных). Все денежные расчеты происходят между отдельными игроками и одним общим банком. Невозможна передача денег прямо от игрока к игроку, что исключает сговор, направленный против какой-либо компании. Банк, кроме того, контролирует источники сырья и скупает всю готовую продукцию.

- 1. **Постоянные издержки.** Каждый игрок (в порядке убывания старшинства, начиная со старшего) платит 300 долл. за каждую имеющуюся у него ЕСМ, 500 долл. за каждую наличную ЕГП, 1000 долл. за владение каждой обычной фабрикой и 1500 долл. — за владение автоматизированной. Это постоянные ежемесячные издержки каждого игрока, даже если он в этом круге не предпринимает никаких других действий.
- 2. **Определение обстановки на рынке.** Банк решает и сообщает игрокам, сколько ЕСМ продаст в этот раз и какова их минимальная цена. Объявляется также, сколько ЕГП в общей сложности будет закуплено и какова максимальная цена.

Таблица 6.1. Уровни цен на ЕСМ и ЕГП

Уровень	ЕСМ	Минимальная цена	ЕГП	Максимальная цена
1	1.0P	\$800	3.0P	\$6500
2	1.5P	650	2.5P	6000
3	2.0P	500	2.0P	5500
4	2.5P	400	1.5P	5000
5	3.0P	300	1.0P	4500

В табл. 6.1 приведены пять уровней предложения ЕСМ и спроса на ЕГП (обратите внимание, что с ростом одной из этих величин другая убывает), а также верхние и нижние границы цен для каждого случая. В число игроков P не включены те, кто обанкротился, и P может, таким образом, быть меньше N . Произведения 1.5P и 2.5P округляются до ближайшего целого с недостатком. В табл. 6.2 приведена матрица вероятностей перехода, в соответствии с которой

Старый уровень	Новый уровень				
	1	2	3	4	5
1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$
3	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{12}$
4	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

Таблица 6.2.
Вероятности перехода уровней цен друг в друга

банк определяет новый месячный уровень спроса и предложения, исходя из прежнего. Предполагается, что в нулевом месяце уровень равен 3.

3. Заявки на сырье и материалы. Каждый игрок тайно от других готовит заявку на ЕСМ на текущий месяц. В заявке указывается требуемое число ЕСМ и предлагается цена не ниже банковской минимальной (запрос нуля ЕСМ или предложение цены ниже минимальной автоматически исключает игрока из торгов в этом месяце). Все заявки раскрываются одновременно, и имеющиеся ЕСМ распределяются между игроками в порядке убывания предложенной цены. Если сырья не хватает на всех, заявки с предложением более низкой цены не удовлетворяются. При прочих равных условиях сырье достается самому старшему игроку. Игроки платят за сырье при его получении. Банк не сохраняет оставшееся после удовлетворения заявок сырье на следующий месяц.

4. Производство продукции. Все игроки по очереди (по убыванию старшинства, начиная со старшего) объявляют, сколько ЕСМ они собираются переработать в ЕГП в текущем месяце и на каких фабриках. Каждый игрок обязан тут же покрыть расходы на производство. Обычная фабрика может за месяц переработать одну ЕСМ при затратах в 2000 долл. Автоматизированная фабрика может либо сделать то же, либо переработать 2 ЕСМ при затратах в 3000 долл. Конечно, чтобы переработать ЕСМ, их надо иметь,

5. Продажа продукции. При покупке банком у игроков ЕГП организуются примерно такие же торги, как и при продаже ЕСМ. Заявленные цены не должны превышать *максимальную цену*, установленную банком, причем банк покупает ЕГП в первую очередь у тех, кто заявил *более низкую* цену. При прочих равных условиях предпочтение отдается старшему игроку. Если предложение превышает спрос, наиболее доро-

гие ЕГП остаются непроданными. Игроки получают деньги за продукцию при ее продаже.

6. Выплата ссудного процента. Каждый игрок платит один процент от общей суммы непогашенных ссуд, в том числе и тех, которые будут погашены в текущем месяце.

7. Погашение ссуд. Каждый игрок, получивший ссуду сроком до текущего месяца, должен ее погасить. Поскольку возвращение ссуд предшествует получению новых, платить надо наличными.

8. Получение ссуд. Теперь каждый игрок может получить ссуду. Ссуды обеспечиваются имеющимися у игрока фабриками; под обычную фабрику дается ссуда 5000 долл., под автоматизированную — 10 000 долл. Общая сумма непогашенных ссуд не может превышать половины гарантированного капитала, но в этих пределах можно свободно занимать. Банк немедленно выплачивает ссуду игроку. Срок погашения ссуды истекает через 12 месяцев — например, ссуду, взятую в 3-м месяце, возвращать надо в 15-м. Нельзя погашать ссуды раньше срока.

9. Заявки на строительство. Игроки могут строить новые фабрики. Обычная фабрика стоит 5000 долл. и начинает давать продукцию на 5-й месяц после начала строительства; автоматизированная фабрика стоит 10 000 долл. и дает продукцию на 7-й месяц после начала строительства. Обычную фабрику можно автоматизировать за 7000 долл., реконструкция продолжается 9 месяцев, все это время фабрика может работать как обычная. Половину стоимости фабрики надо платить в начале строительства, вторую половину — за месяц до начала выпуска продукции в этой же фазе цикла. Общее число имеющихся и строящихся фабрик у каждого игрока не должно превышать шести.

Окончание игры и подсчет результатов

Игра оканчивается после некоторого фиксированного числа кругов (13 или более) или когда обанкротятся все игроки, кроме одного. Чтобы подсчитать общий капитал компании, надо сложить стоимость всех фабрик (по цене, по которой их можно было бы построить заново), стоимость имеющихся у нее ЕСМ (по минимальной банковской цене текущего месяца), стоимость имеющихся ЕГП (по максимальной банковской цене текущего месяца) и имеющиеся у компании наличные. После этого надо вычесть общую сумму ссуд и предстоящих расходов по уже начатому строительству. Если к концу игры приходит несколько игроков, результаты считаются по их капиталам.

Любой игрок в любой момент может узнать состояние дел любого другого игрока — его капитал, наличные, взятые ссуды, все, что касается готовой продукции, имеющихся и строящихся фабрик. Во время торгов игроки ничего не знают о заявках, сделанных другими, но, как только банк собрал все заявки, они обнародуются и количество купленных или проданных каждым игроком единиц становится известно всем. Игроки могут сами вести любые записи, но банк не предоставляет им никакой информации, кроме той, которая предусмотрена правилами игры.

Тема. Задача состоит из двух частей. Первая заключается в том, чтобы написать программу, которая управляет ходом моделирования — программу-банк. Эта программа должна полностью контролировать игру: устанавливать цены, закупать продукцию и продавать сырье, проводить торги, вести учет и т. д. Эта программа должна в соответствующие моменты опрашивать игроков и добиваться соблюдения ими всех правил. В частности, банк защищает от несанкционированного доступа всю информацию, как свою, так и чужую, касающуюся учета и состояния дел отдельных игроков. Программа-банк периодически (например, ежемесячно) выдает сводный финансовый отчет. Поскольку отчеты эти предстоит читать людям, они должны быть понятны и приемлемы с эстетической точки зрения.

Вторая часть задачи — написать программы поведения игроков. Каждая программа-игрок должна быть в состоянии отвечать на любые запросы программы-банка по ходу игры: она должна уметь предлагать цену на сырье, принимать решения, продавать готовую продукцию и т. п. Если для моделирования используется диалоговая система, реализуйте одну из программ-игроков таким образом, чтобы она просто передавала свои запросы игроку-человеку, находящемуся за терминалом. Такая программа должна уметь отвечать на запросы человека о состоянии игры.

После того как будет написано несколько программ-игроков, их надо объединить с программой-банком, чтобы получилась полная игровая система. Проведите с этой системой несколько игр и изучите результаты. Заметим, что несколько экземпляров одной и той же программы-игрока вполне могут выступать в качестве противников (т. е. мы считаем людей в соответствующей реальной игре изначально одинаковыми). Но для полной гарантии надо написать хотя бы две нетривиальные программы-игрока.

Указания исполнителю. Эта игра — пример последовательного, или пошагового, моделирования, при котором все события (кроме банкротств) происходят в строго определенном, заранее известном порядке. Цикл по месяцам — удобная структура для ведущей программы. Редко можно встретить задачу на программирование, прикладную или научную, столь удобную для хорошо структури-

рованной реализации, как эта. Не премините воспользоваться такой возможностью.

В формулировке первой части задачи имеется некий подводный камень. Программа-банкир должна защищать всю существенную информацию от несанкционированного доступа программы-игрока. Иначе говоря, программа-банкир должна сохранять в тайне все счета, как свои, так и игроков, обеспечивать секретность торговли и в то же время предоставлять игрокам информацию в ответ на их запросы. К сожалению, во многих языках обеспечить это бывает трудно, если вообще возможно. В Фортране критические значения не должны помещаться в общих блоках, поскольку доступ к общим блокам программы-игрока не контролируется. В языке с блочной структурой критические значения не могут быть глобальными по отношению к программам-игрокам по той же причине. Даже если предположить, что программа-игрок не допускает таких нарушений правил исходного языка, как, например, выход за границы массива или пользование автокодными вставками, обеспечить полную сохранность трудно. Один из моментов, который должен найти отражение в документации,— средства сохранности и их надежность.

Инструментовка. Эта задача прямо-таки просится, чтобы ее реализовали на языке с развитыми управляющими структурами. Потребность в совершенных структурах данных не столь велика. В качестве возможных кандидатов можно рассматривать Кобол и Фортран, но их недостаток — в их бедности. Для решения подобных задач успешно использовался APL, но в этом случае программу трудно хорошо структурировать. Вы вряд ли найдете язык, удовлетворяющий упомянутым выше требованиям к защите данных.

Длительность исполнения. Одному исполнителю на 4 недели, двум — на 3 или трем — на 2. Две недели должно уйти на программу-игрока.

Развитие темы. Дополнительное удовольствие от программирования игр — возможность поиграть с программой-игроком. Иногда при применении совсем простых эвристических методов может получиться удивительно сложное поведение. В программу, реализующую стратегию игрока, несложно включить элементы самообучения, чтобы ее поведение со временем совершенствовалось. Проведите несколько тренировочных турниров с участием как людей, так и программ (люди тоже обучаемы). Имеется стандартный прием обучения интеллектуальных программ новым стратегиям. Один экземпляр (Альфа) обучается в тренировочной серии игр, второй (Бета) остается на том же уровне знаний, какой он имел перед этой серией. Затем устраивается сравнительная серия игр между ними; если Альфа побеждает, его знания

- .01 — У игрока *i* забастовка.
- .01 — Игрок *i* пострадал от транспортного кризиса.
- .02 — С игрока *i* причитается чрезвычайный налог.
- .01 — На одной из фабрик игрока *i* авария.
- .02 — Игрок *i* пожинает плоды внедрения новой техники.
- .02 — У игрока *i* неожиданная удача.
- .91 — У игрока *i* на этот раз ничего чрезвычайного не произошло.

Рисунок 6.1. Вероятности чрезвычайных происшествий. Испытываются на каждом игроке в каждом цикле.

передаются всем копиям программ-игроков, в противном случае Альфа эти знания забывает как бесполезные и с ним проводится новая тренировочная серия.

Игру можно сделать интереснее, если добавить новые правила, которые, видимо, приблизят ее к реальной жизни. Ниже перечислены дополнительные правила. Если какое-либо из правил включается, все правила с меньшими номерами также надо включать.

1. Чрезвычайные ссуды. В случае финансовых затруднений каждый игрок может взять чрезвычайную ссуду. Такая ссуда стоит 2% в месяц вместо обычного 1% и предоставляется сроком на 4 месяца (ссудный процент выплачивается в обычном порядке). Общая сумма непогашенных задолженностей по-прежнему не может быть больше половины суммы, обеспечиваемой всеми фабриками данного игрока. Нельзя брать чрезвычайные ссуды для спасения от банкротства в момент, когда банк уже требует платежа по какому-либо обязательству. Брать чрезвычайную ссуду можно не позже начала цикла, в котором подходит срок платежа.

2. Чрезвычайные происшествия. В начале каждого цикла, непосредственно перед выплатой постоянных издержек, банк объявляет обо всех чрезвычайных происшествиях на этот месяц. На рис. 6.1 приведены вероятности различных чрезвычайных происшествий. Эффект приведенных ниже изменений в расценках накапливается на каждом шаге: так, 10%-ный рост с последующим 10%-ным спадом дает в результате 99% исходного уровня. К чрезвычайным происшествиям относятся:

Забастовка — игрок, у которого началась забастовка, может прекратить производство на 3 месяца, начиная с текущего, или вплоть до конца игры увеличить на 10% все издержки (как постоянные, так и производственные). Игрок, прекративший производство, может участвовать во всех прочих

действиях и должен по-прежнему нести постоянные издержки.

Транспортный кризис — те, кого он затронул, не могут в этом месяце ни покупать сырье, ни продавать продукцию.

Чрезвычайный налог — те, кого это касается, должны немедленно сделать однократный взнос, исходя из расчета 500 долл. за фабрику. Запрещается для выплаты этой суммы прибегать к чрезвычайным ссудам. Возможно банкротство.

Авария — у игрока, которого это касается, одна из фабрик (по возможности обычная) в этом месяце не выпускает продукции.

Внедрение новой техники — у игроков, которых это касается, вплоть до конца игры на 10% снижаются издержки производства.

Неожиданная удача — соответствующий игрок может немедленно продать любое число из имеющихся у него ЕГП по 6500 долл.

3. Заккрытие фабрики. В очередной месяц, как раз перед подачей заявки на строительство, игрок может закрыть все или некоторые свои фабрики. Начиная со следующего месяца постоянные издержки по такой фабрике сократятся вдвое, но продукции не будет совсем. Впоследствии закрытую фабрику можно открыть в той же точке очередного месячного цикла. Через два месяца после этого фабрика снова вступает в строй, и надо опять оплачивать издержки в полном размере. Например, вновь открытая в 13-м месяце фабрика вступает в строй действующих в 15-м.

4. Дробление заявок. На любых торгах любой игрок может сделать одну заявку, две или ни одной. Общий объем заявок одного игрока как на покупку, так и на продажу не должен превосходить предложений банка (для продажи — еще и имеющегося у данного игрока объема продукции). Банк рассматривает различные заявки одного игрока точно так же, как заявки разных игроков. Заявки эти конкурируют как друг с другом, так и с заявками других игроков. Удовлетворены могут быть обе, одна или ни одной. При прочих равных условиях по-прежнему побеждает старший игрок.

Литература

Management. Avalon Hill Co., Baltimore, MD, 1960.

Менеджмент — наиболее близкая к жизни общедоступная деловая игра. Разработан остроумный способ игры вручную, без помощи ЭВМ,

Иванс, Уоллес, Сатерлэнд (Evans G. W., II, Wallace G. F., Sutherland G. L.). Simulation Using Digital Computers, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1967.

Весьма простое введение в имитационное моделирование. Чтение этой книги, конечно, подразумевает наличие у читателя некоторых знаний об ЭВМ. Подробно разбирается несколько примеров как антагонистических, так и неантагонистических ситуаций.

*Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. Пер. с англ. — М.: Мир, 1975.