

Алгоритмы информационной системы стимулирования социально-оптимальных действий граждан России

М.И. Гераськин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, 443086, Московское шоссе, 34, Самара, Россия

Аннотация

Рассматривается задача разработки государственной информационной системы стимулирования социально-оптимальных действий граждан России, оптимизирующих критерий коллективной функции полезности. Концептуальная модель системы сформирована с учетом условий индивидуальной рациональности, эффективности по Парето, неманипулируемости и динамической квазиоптимальности. Разработаны алгоритмы информационной системы, реализующие процесс последовательных приближений, на каждом из которых критерий системы не убывает при выполнении ограничения на фонд стимулирования.

Ключевые слова: информационная система; механизм распределения; аддитивная функция полезности; общественное благо

1. Введение

В экономике переходного периода [1,2] в обществе нарастают тенденции индивидуального рационализма, для преодоления которых государство реализует программы [3,4], направленные на укрепление моральных ценностей. Целью государства является в этом случае социальный эффект в виде действий, совершаемых гражданами исходя из максимизации не индивидуальной, а коллективной функции полезности, далее называемых социально-оптимальными действиями. Достижение этой цели предполагает вовлечение в общественно полезную деятельность широких масс населения при условии персонифицированного учета социально-оптимальных действий. Это приводит к необходимости организации государственной информационной системы, базирующейся на информационных ресурсах, создаваемых в рамках действующих в настоящее время государственных программ РФ [5-7].

Концепция стимулирования социально-активных действий предусматривает создание информационной системы персонифицированной регистрации социально-оптимальных действий граждан (далее, агентов) и распределения государственного стимулирующего фонда в виде стимулов между агентами согласно некоторым механизмам. В динамике система является двухпериодной: в первом периоде (периоде регистрации) регистрируются совершенные социально-оптимальные действия и в момент окончания этого периода происходит распределение фонда стимулирования, в следующем периоде (периоде стимулирования) осуществляется использование стимулов, распределенных по итогам предыдущего периода.

Наряду с утилитарной задачей стимулирования определенных действий граждан информационная система также решает задачу формирования статуса агента в иерархии граждан, используемого для различных нематериальных мотиваций. Поскольку на длительном временном горизонте социальные приоритеты государства могут изменяться путем варьирования атрибутов социально-оптимальных действий, а также может колебаться их денежная оценка вследствие инфляции, то для сопоставимости статусов агентов в системе аккумулируются не только стимулы как текущий денежный эквивалент социальной активности, но и рейтинг агентов в сопоставимых (балльных) измерителях.

Объектом стимулирования являются социально-оптимальные действия граждан, то есть действия, отвечающие определенным атрибутам. Поскольку совершение этих действий должно максимизировать коллективную функцию полезности, не повышая индивидуальную функцию полезности, то общими принципами формирования атрибутов являются безвозмездность, общественная полезность и отсутствие связи с профессиональной деятельностью гражданина. Социально-оптимальные действия не должны иметь отношения к создающей личный доход деятельности, так как в этом случае они могут косвенно повышать его индивидуальную полезность. Следовательно, совершение социально-оптимальных действий не предполагает специальной квалификации, в силу чего измерителем объекта стимулирования будем считать длительность совершения действия безотносительно к содержанию действия. Субъектом стимулирования является гражданин, совершивший в некотором периоде социально-оптимальное действие. Органом стимулирования является государство в лице определенных законодательством министерств (ведомств).

2. Объект исследования

Поскольку рассматриваемая система построена вне архитектуры рыночных отношений, то не существует объективного, формируемого рыночным равновесием, соотношения между социально-оптимальными действиями граждан и их денежными оценками в форме стимулов. В силу этого в рассматриваемой системе не исключено проявление следующих диспропорций. Во-первых, возможно возникновение динамического несоответствия стимулирующего фонда и денежного эквивалента социально-оптимальных действий граждан, что приводит к дефициту или профициту фонда; дефицит не допустим, а профицит выражает незаинтересованность граждан в стимулировании. Во-вторых, ввиду невозможности контроля соответствия между регистрируемыми в информационной системе и фактическими социально-оптимальными действиями возможны злоупотребления, выражающиеся в регистрации

недостовойной (завышенной) информации о совершенных действиях. Поэтому для равновесия в системе механизмы распределения стимулов должны удовлетворять следующим условиям: 1) индивидуальная рациональность, при которой полезность агента с учетом стимулов не ниже любой альтернативы, то есть агенты заинтересованы в стимулировании; 2) эффективность по Парето, означающая, что стимулирующий фонд полностью распределяется между агентами, то есть не возникает дефицита и профицита; 3) неманипулируемость (совместимость со стимулами), при которой по критерию индивидуальной рациональности каждый агент сообщает достоверную информацию о совершенных им действиях; 4) оптимальность распределения по критерию коллективной (аддитивной) функции полезности. Таким образом, объектом исследования является государственная информационная система, обеспечивающая равновесие гуманистических целей государства, инструментов их реализации в виде механизмов распределения фонда стимулирования, а также социально-оптимальных действий, совершаемых гражданами.

3. Методы

Исследования проблемы разработки систем стимулирования и распределения стимулов позволили получить следующие механизмы, удовлетворяющие условию индивидуальной рациональности. Разработан конкурсный механизм при бескоалиционном [8] и коалиционном [9] поведении агентов, эффективный по Парето и оптимальный по критерию аддитивной функции полезности. Получен механизм последовательного распределения ресурса (МППР) [10], для которого доказано [11], что свойства неманипулируемости и эффективности по Парето присущи совместно только МППР, который, как показано [12], эквивалентен механизмам прямых и обратных приоритетов. Показано [13], что существует единственный МППР, по которому стимул распределяется [14] как минимум сообщения агента о совершенном действии и среднего нераспределенного остатка стимулов. Подход к распределению полезности на основе штрафных и стимулирующих функций [15] позволил показать для компенсаторных механизмов эффективность по Парето и оптимальность по критерию аддитивной функции полезности; согласно компенсаторному механизму стимулы равны издержкам агентов. Таким образом, только МППР удовлетворяет всем указанным выше условиям [16], однако в однопериодном цикле исследуемой информационной системы его использование невозможно, поскольку МППР предполагает последовательную регистрацию действий агентов и распределение стимулов, а в системе действия совершаются агентами независимо и регистрируются одновременно. Поэтому актуальной представляется задача разработки адаптивного многопериодного алгоритма, удовлетворяющего в динамике условиям индивидуальной рациональности, эффективности по Парето, неманипулируемости и оптимальности по критерию коллективной полезности.

Рассмотрим модель информационной системы стимулирования. Введем следующие множества. Множество атрибутов социально-оптимальных действий

$$Z = \{z_i, i = 1, \dots, I\}$$

определяет атрибуты действий, подлежащих стимулированию; обозначим индексом I количество типов действий. Множество агентов

$$K(t) = \{1, \dots, n(t)\}$$

включает в себя граждан, совершающих в некотором периоде t действия, отвечающие атрибутам Z ; обозначим индексом $n(t)$ количество агентов. Вектор социально-оптимальных действий

$$A(Z, t) = \{a_k(Z, t), k \in K\}$$

включает в себя количественные оценки отвечающих атрибутам Z действий k -го агента в t -м периоде в единицах времени, затраченного агентом на совершение этих действий. Вектор $A(Z, t)$ принадлежит допустимому множеству

$$\bar{A} = \{a_k \in [0, a^{\max}], a^{\max} > 0, k \in K\},$$

где символом a^{\max} обозначена верхняя граница располагаемого агентами времени. Например, вектор Z может включать в себя такие атрибуты, как z_1 —«проведение общественно-полезного мероприятия», z_2 —«оказание бесплатной услуги гражданину», компоненты вектора $A(Z, t)$ выражают зарегистрированное в t -м периоде время проведения этих действий, не превышающее значения a^{\max} .

Введем фонд стимулирования в t -м периоде

$$F(t) \in (0, F^{\max}], F^{\max} > 0.$$

Далее индекс t опустим, предполагая, что все параметры модели соответствуют определенному периоду времени.

Введем безразмерную функцию регистрации социально-оптимальных действий

$$u_k = \psi(a_k), k \in K,$$

ставящую в соответствие балльную оценку u временной оценке a действий, совершенных k -м агентом в t -м периоде. Тем самым, вектору действий A соответствует вектор балльных оценок

$$U = \{u_k, k \in K\} \in \bar{U},$$

где \bar{U} – допустимое множество оценок. Пусть функция $\psi(\bullet)$ непрерывно-дифференцируема, удовлетворяет условиям насыщения и множество \bar{U} определено следующим образом:

$$u_k = \psi(a_k): \psi'_a(\bullet) > 0, \psi''_a(\bullet) < 0, k \in K, \bar{U} = \{u_k \in [0, u^{\max}], u^{\max} > 0, k \in K\}, u^{\max} = \psi(a^{\max}) > 0. \quad (1)$$

Введем социальную функцию полезности агента $f(a, x)$ как сумму индивидуальной функции полезности и распределяемого стимула

$$f_k(a_k, x_k) = f_k^0(a_k) + x_k(u_k), k \in K, \quad (2)$$

где $f^0(\bullet)$ - индивидуальная функция полезности агента; $x(u)$ - распределяемый стимул.

Определим для функции (2) свойство индивидуальной рациональности: социальная функция полезности агента при совершении действия a должна быть не меньше его индивидуальной функции полезности при несовершении такого действия ($a = 0$), то есть

$$f_k(a_k, x_k) \geq f_k^0(0), k \in K.$$

Следовательно, стимулы при индивидуальной рациональности должны удовлетворять условию

$$x_k(u_k) \geq f_k^{\min}, k \in K,$$

где величина

$$f_k^{\min} = f_k^0(0) - f_k^0(a_k) \geq 0$$

характеризует потери индивидуальной полезности агента при совершении социально-оптимального действия. Агенты могут не иметь потерь индивидуальной полезности при совершении социально-оптимального действия, например, выполняя его в свободное от приносящей доход деятельности время. Поэтому гарантированная оценка этих потерь, единая для всех агентов, равна

$$f^{\min} = \arg \max_{k \in K} f_k^{\min}.$$

Введем функцию стимулирования $x = \varphi(u)$, ставящую в соответствие стимул в денежной форме, распределяемый k -му агенту в t -м периоде, балльной оценке u . Пусть функция $\varphi(\bullet)$ непрерывно-дифференцируема, удовлетворяет условию ненасыщения по оценке u и условию насыщения по сумме оценок всех агентов, индивидуальной рациональности и эффективности по Парето:

$$x_k = \varphi(u_k): \varphi'_{u_k}(\bullet) > 0, \varphi''_{\sum_{k \in K} u_k}(\bullet) < 0, x_k(u_k) \geq f^{\min} \geq 0, \sum_{k \in K} x_k(u_k) = F, k \in K. \quad (3)$$

Обобщим (1)-(3) в виде модели S системы стимулирования, которая представляет собой следующий кортеж множества агентов, множества оценок действий агентов и множества функций полезности агентов:

$$S = \langle K, \psi_k(a_k), f_k(a_k, x_k(u_k)), k \in K \rangle. \quad (4)$$

Введем аддитивный критерий социальной эффективности системы стимулирования как сумму социально-оптимальных действий агентов в t -м периоде

$$E(S) = \sum_{k \in K} a_k(S). \quad (5)$$

Введем следующее *определение*: неманипулируемость – это свойство системы S иметь состояние равновесия по Нэшу, то есть такое состояние, при котором не существует агента, для которого социальная функция полезности при некотором векторе действий $\tilde{A} \in \bar{A}$ больше, чем при равновесном по Нэшу векторе $A^N \in \bar{A}$:

$$\exists k \in K : f_k(x_k(\tilde{A})) > f_k(x_k(A^N)), \tilde{A} = (\tilde{a}_k, a_{-k}), \tilde{A}, A^N \in \bar{A}, \quad (6)$$

где символом « $-k$ » обозначено окружение, то есть другие агенты, кроме k -го.

Определим множество допустимых систем стимулирования \bar{S} исходя из условий эффективности по Парето и индивидуальной рациональности (3), неманипулируемости (6) в виде:

$$\bar{S} = \left\{ S : x_k \geq f^{\min}, \sum_{k \in K} x_k \leq F, k \in K : f_k(x_k(\tilde{U})) > f_k(x_k(U)) \right\}. \quad (7)$$

Рассмотрим задачу выбора модели S из множества \bar{S} как задачу оптимального управления по условию

$$S^* = \arg \max_{S \in \bar{S}} E(S). \quad (8)$$

Параметрами управления в задаче (8) являются функции $\psi(\bullet), \varphi(\bullet)$, поэтому целевая функция и ограничения в задаче (8) неявно зависят от параметров управления, и задача (8) не имеет в общем случае аналитического решения. В этих случаях использовались [17-21] приближенные методы нахождения оптимального управления, а получаемое решение получило название квазиоптимального [22].

Определение: модель системы стимулирования S называется динамически квазиоптимальной, если

$$E'_i(t) \geq 0 \forall S \in \bar{S}. \quad (9)$$

Динамическая квазиоптимальность означает, что в t -й период времени работы системы S значение аддитивного критерия (5) не ниже значения в $(t-1)$ -й период при выполнении ограничений (7). Следовательно, условие (9) определяет процесс последовательных приближений системы (4), на каждом из которых критерий (5) не убывает. Поставим задачу разработки алгоритма, реализующего модель (4) как динамически квазиоптимальную.

4. Результаты и обсуждение

Концептуально проектируемая информационная система (рис. 1) реализует процессы взаимодействия государства и граждан исходя из общей цели максимизации суммарного количества социально-оптимальных действий. Государство определяет такие параметры информационной системы, как множество атрибутов социально-оптимальных действий, вид функции регистрации таких действий, вид функции стимулирования, объем фонда стимулирования и количество периодов работы системы. Действия агентов параметризуются через вектор действий, набор социальных функций полезности и вектор использованных стимулов. Информационная системы есть инфраструктура государства и граждан, состоящая из пяти блоков. Блок регистрации действий идентифицирует действия в балльной оценке. Блок стимулирования предназначен для распределения фонда стимулирования в зависимости от вектора балльных оценок действий. Блок учета использования стимулов реализует функции анализа динамики начисленных и использованных стимулов, а также контроля дефицита (профицита) фонда стимулирования. Блок анализа эффективности контролирует динамику изменения критерия социальной эффективности системы на выбранном временном интервале до достижения максимального количества периодов работы. Блок адаптации параметров системы реализует процесс последовательных приближений для обеспечения квазиоптимальности.

В качестве функции регистрации $\psi(\bullet)$, удовлетворяющей условиям (1), введем степенную функцию вида

$$\psi(a_k) = \alpha a_k^\beta, \alpha \in (0, \alpha^{\max}], \beta \in (0, \beta^{\max}], \beta^{\max} \in (0, 1], k \in K, \quad (10)$$

где α, β – постоянные коэффициенты.

Введем функцию стимулирования $\varphi(\bullet)$, относящуюся к классу компенсаторных функций прямых приоритетов [23]:

$$\varphi(u_k) = f^{\min} + \left(a - b \sum_{k \in K} u_k \right) u_k, k \in K, \quad (11)$$

где a, b – постоянные коэффициенты, $a, b > 0$, подбираемые таким образом, чтобы функция $\varphi(\bullet)$ удовлетворяла условиям (3). Содержательно компенсаторная функция (11) определяет гарантированное стимулирование ненулевого действия агента в объеме f^{\min} по принципу «любое общественно-полезное действие вознаграждается», сверх которого стимул распределяется пропорционально балльной оценке u в соответствии с «ценой» p балла

$$p = a - b \sum_{k \in K} u_k,$$

убывающей с ростом общего количества баллов всех агентов.

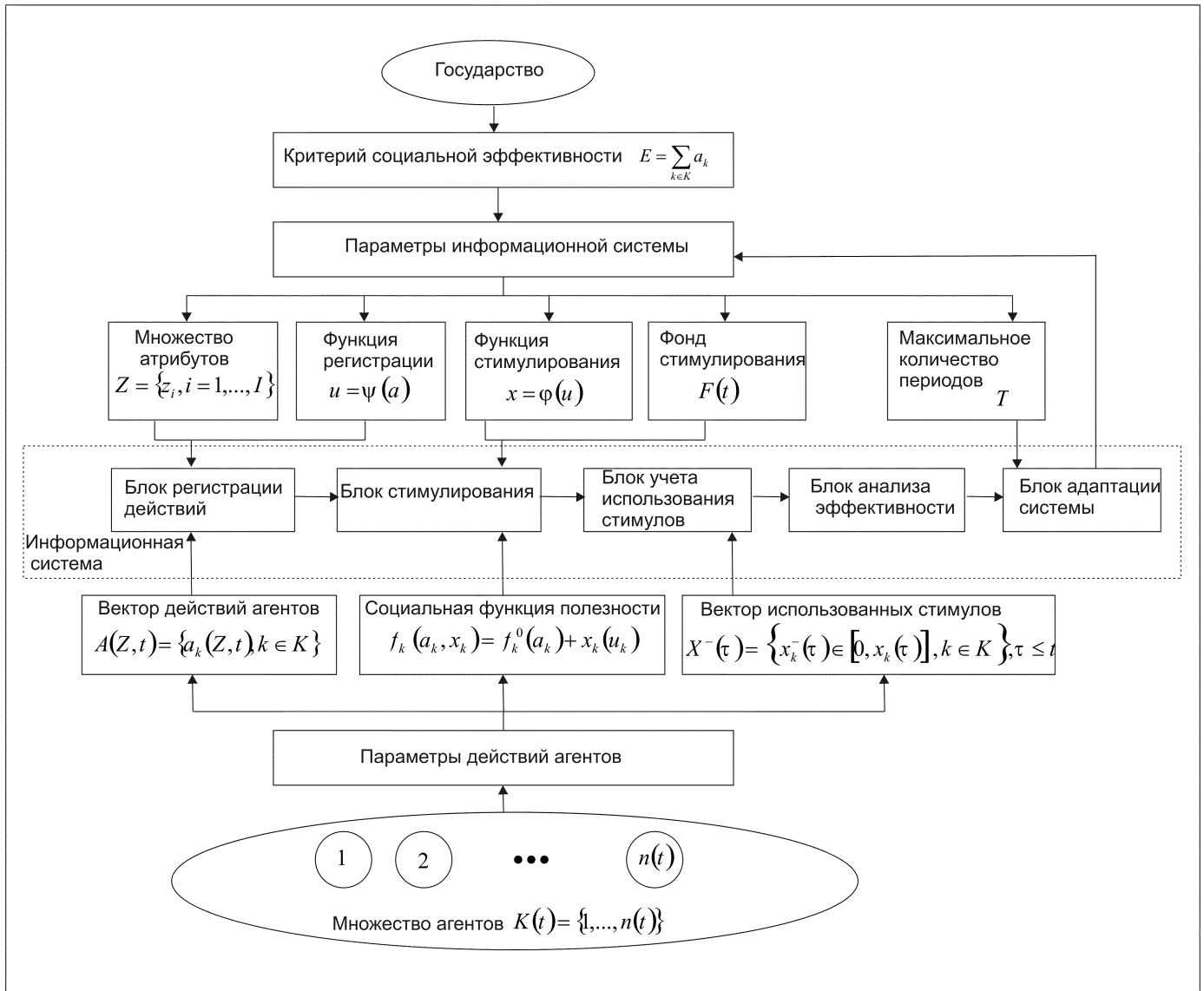


Рис. 1. Концептуальная модель информационной системы.

Можно показать, что если коэффициенты a, b определены по формулам

$$a = \frac{F - nf^{\min}}{\sum_{k \in K} u_k} \frac{2\bar{u} + \sum_{k \in K} u_k}{2\bar{u}}, b = \frac{F - nf^{\min}}{2\bar{u} \sum_{k \in K} u_k}, \bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{k \in K} u_k, \quad (12)$$

то система S дает, во-первых, эффективное по Парето распределение фонда стимулирования, то есть полное распределение без дефицита или профицита, и, во-вторых, агенты не заинтересованы в сообщении завышенной информации о совершенных ими действиях, то есть система неманипулируема.

Рассмотрим алгоритм статического (однопериодного) цикла работы информационной системы, показанный на рис. 2. Однопериодный цикл не включает в себя фазу использования стимулов, поскольку распределение стимулов возможно только после регистрации всех действий всех агентов, совершенных в данном периоде. Алгоритм однопериодного цикла информационной системы включает в себя блок регистрации действий, блок стимулирования и блок анализа эффективности системы.

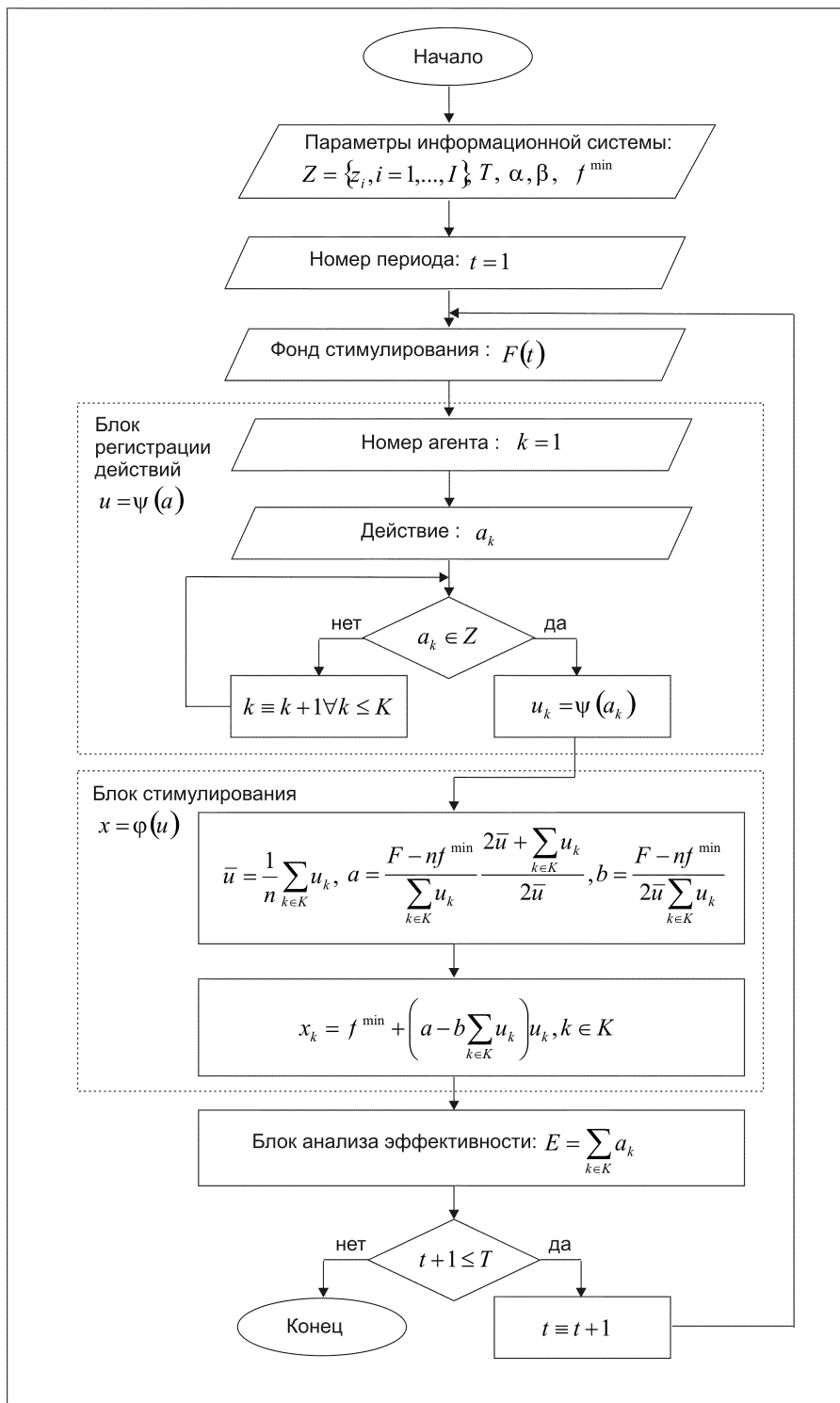


Рис. 2. Алгоритм однопериодного цикла информационной системы.

Однопериодный цикл не позволяет оценить оптимальность системы стимулирования по критерию (5), в частности, адаптировать параметры блоков « $u = \psi(a)$ », « $x = \varphi(u)$ » таким образом, чтобы в динамике выполнялось условие квазиоптимальности (9). Кроме того, в однопериодном цикле не учитывается динамика увеличения количества агентов и количества их действий, приводящая при неизменном объеме фонда стимулирования к инфляции стимулов, что может повлечь снижение эффективности. Также в однопериодном цикле динамика использования стимулов не координируется с динамикой фонда стимулирования, что может привести к его дефициту или профициту и также повлечь снижение эффективности.

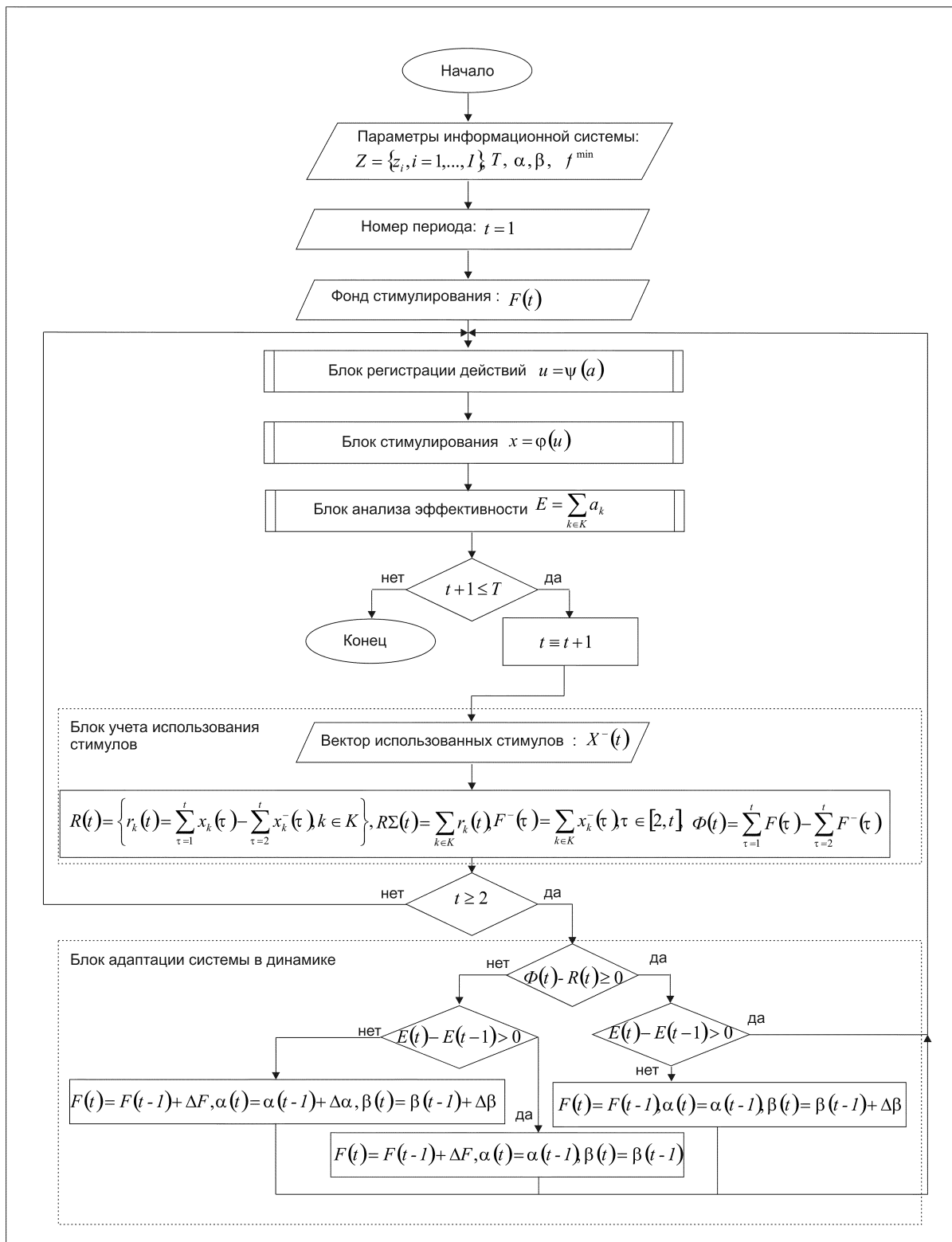


Рис. 3. Алгоритм многопериодного цикла информационной системы.

Рассмотрим динамический (многопериодный) алгоритм работы информационной системы. Введем следующие параметры динамики системы в периоде $\tau \in (0, t]$: вектор начисленных стимулов $X(\tau)$, компоненты которого определены по (11), вектор использованных стимулов $X^-(\tau)$, сумма фонда стимулирования $F^-(\tau)$, использованного в периоде $\tau \leq t$, вектор $R(t)$ неиспользованных остатков стимулов агентов на конец t -го периода, суммарный неиспользованный остаток стимулов $R\Sigma(t)$ на конец t -го периода, неиспользованный остаток Φ фонда стимулирования на конец t -го периода. Определим эти параметры по следующим формулам:

$$X(\tau) = \{x_k(u_k(\tau)), k \in K\}; X^-(\tau) = \{x_k^-(\tau) \in [0, x_k(\tau)], k \in K\}; F^-(\tau) = \sum_{k \in K} x_k^-(\tau), \tau \in [2, t]; \quad (13)$$

$$R(t) = \left\{ r_k(t) = \sum_{\tau=1}^t x_k(\tau) - \sum_{\tau=2}^t x_k^-(\tau), k \in K \right\}; R\Sigma(t) = \sum_{k \in K} r_k(t); \Phi(t) = \sum_{\tau=1}^t F(\tau) - \sum_{\tau=2}^t F^-(\tau), \quad (14)$$

где $x^-(\tau)$ – сумма стимулов, использованных k -м агентом в периоде $\tau \leq t$.

Можно показать, что если в t -м периоде выполняются следующие условия

$$\Phi(t) - R(t) \geq 0, E(t) - E(t-1) > 0, t \in (2, T], \quad (15)$$

то информационная система квазиоптимальна. Нарушение условий (13) свидетельствует о неоптимальности системы (4) в t -м периоде, то есть о необходимости адаптации таких параметров системы, как коэффициенты функции регистрации α, β и объем фонда F , благодаря варьированию которых можно обеспечить выполнение этих условий в данном периоде.

Сформируем алгоритм многопериодного цикла информационной системы, показанный на рис. 3. Блоки, детализированные в однопериодном цикле (рис. 2), показаны укрупнено. Блок учета использования стимулов реализует формулы (13), (14). Блок адаптации параметров системы основан на анализе условий (15), причем вариации параметров системы определены по формулам:

$$\Delta\alpha \in [0, \alpha^{\max} - \alpha(t-1)], \Delta\beta \in [0, \beta^{\max} - \beta(t-1)], \Delta F \in [0, \min \{F^{\max} - F(t-1), |\Phi(t) - R(t)|\}].$$

Алгоритм обеспечивает процесс последовательных приближений, на каждом из которых выполняются ограничения, приводящие систему в состояние квазиоптимальности.

5. Заключение

Рассмотрена проблема информационного обеспечения государственной стратегии укрепления моральных ценностей в обществе путем стимулирования действий граждан, совершаемых гражданами исходя из максимизации коллективной функции полезности. В статье получены следующие основные результаты.

Сформирована концептуальная модель информационной системы, базирующаяся на принципах индивидуальной рациональности, эффективности по Парето, неманипулируемости и динамической квазиоптимальности. Модель включает в себя блок регистрации действий, блок стимулирования, блок учета использования стимулов, блок анализа эффективности и блок адаптации параметров системы.

Предложен специфический вид компенсаторной функции стимулирования класса прямых приоритетов. При этом стимул складывается из гарантированного минимума и «премии», пропорциональной балльной оценке агента с ценой, убывающей с ростом общего количества баллов всех агентов. Такая функция стимулирования реализует механизм, аналогичный механизму равновесия агентов рынка олигополии [24], но, в отличие от него, при определенных значениях коэффициентов функции стимулирования формируется вектор действий агентов, эффективный по Парето. В отличие от компенсаторного механизма [25,26] предложенная функция стимулирования обеспечивает равновесный по Нэшу вектор действий агентов также и в том случае, если фонд стимулирования не зависит от вектора действий. Таким образом, сформированная система стимулирования удовлетворяет условиям эффективности по Парето и совместимости со стимулами.

Разработан динамический алгоритм информационной системы, включающий в себя однопериодный цикл регистрации действий и распределения фонда стимулирования. Алгоритм реализует процесс последовательных приближений, на каждом из которых выполняются ограничения, приводящие систему в состояние квазиоптимальности, когда критерий системы не убывает и соблюдается условие достаточности фонда стимулирования.

Литература

- [1] Roland, G. Transition and Economics. Politics, Markets, and Firms / G. Roland – Cambridge: MIT Press, 2000. – 840 p.
- [2] Braguinsky, S. Incentives and Institutions. Transition to a Market Economy in Russia / S. Braguinsky, G. Yavlinsky – Princeton, NJ.: Princeton University Press, 2000. – 420 p.
- [3] Постановление Правительства РФ от 30.12.2015 N 1493 "О государственной программе "Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016 - 2020 годы"
- [4] Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. N 2567-р «О государственной программе Российской Федерации "Развитие культуры и туризма" на 2013 - 2020 годы»
- [5] Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 313 (ред. от 21.10.2016) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Информационное общество (2011 - 2020 годы)"
- [6] Постановление Правительства РФ от 27.12.2012 N 1406 (ред. от 25.12.2015) "О федеральной целевой программе "Развитие судебной системы России на 2013 - 2020 годы"
- [7] Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 320 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Управление государственными финансами и регулирование финансовых рынков"
- [8] Бурков, В.Н. Конкурсные механизмы в задачах распределения ограниченных ресурсов / В.Н. Бурков, Б.Данев, А.К. Еналеев, Т.Б. Нанева, Л.Д.Подвальный, Б.С. Юсупов // Автоматика и телемеханика. – 1988. – №11. – С. 142–153.
- [9] Бурков, В.Н. Коалиции при конкурсном механизме распределения ресурсов / В.Н. Бурков, А.К. Еналеев, В.Ф. Каленчук // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №12. – С. 81–90.

- [10] Бурков, В.Н. Синтез оптимальных механизмов планирования и стимулирования в активной системе / В.Н. Бурков, А.К. Еналеев, Ю.Г. Лавров // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 10. С. 113–120.
- [11] Бурков, В.Н. Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемого механизма многокритериальной активной экспертизы/ В.Н. Бурков, М.Б. Исаков, Н.А. Коргин // Проблемы управления. – 2008. – №4 – С. 38–47.
- [12] Коргин, Н.А. Эквивалентность и неманипулируемость неанонимных приоритетных механизмов распределения ресурсов / Н.А. Коргин // Управление большими системами. – 2009. – № 26.1 – С. 319–347.
- [13] Бурков, В.Н. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике. / В.Н. Бурков, И.И. Горгидзе, Д.А. Новиков, Б.С. Юсупов– Москва: ИПУ РАН. – 1997. – 356 с.
- [14] Коргин, Н.А. Анализ реализуемости результатов многокритериальной экспертизы - применение "свойства пересечения" / Н.А. Коргин // Проблемы управления. – 2009. – №6 – С. 18–27.
- [15] Еналеев, А.К. Оптимальные согласованные механизмы в активных системах и задача теории контрактов / А.К. Еналеев // Управление большими системами. – 2014. – № 49. –С.167-182.
- [16] Бурков, В.Н. Проблемы комплексирования и декомпозиции механизмов управления организационно-техническими системами / В.Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков // Проблемы управления. – 2016. - № 5. С. 14–23.
- [17] Крылов, И.А. О методе последовательных приближений для решения задач оптимального управления / И.А. Крылов, Ф.Л.Черноуцько // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1962. - №2:6. – С. 1132– 1139.
- [18] Гиндес, В.Б. Один метод последовательных приближений для решения линейных задач оптимального управления / В.Б. Гиндес // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1970 – №10:1. – С. 216–223.
- [19] Федоренко, Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления / Р.П.Федоренко – Москва: Наука, 1978. – 680 с.
- [20] Черноуцько, Ф.Л. Вычислительные и приближенные методы оптимального управления / Ф.Л. Черноуцько, В.Б.Колмановский // Математический анализ. – 1977. - № 14. – С.101–166.
- [21] Любушин, А.А. О применении модификаций метода последовательных приближений для решения задач оптимального управления / А.А. Любушин // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1982 – № 22: 1. – С. 30–35.
- [22] Александров, В. М. Оптимальное и квазиоптимальное по расходу ресурсов управления динамическими системами / В.М. Александров // Сибирские электронные математические известия. – 2010. – №7. – С.166– 249.
- [23] Novikov, D. Theory of Control in Organizations / D. Novikov– New York: Nova Science Publishers, 2013. – 341 p.
- [24] Гераськин, М.И. Моделирование структур рынка олигополии при нелинейных функциях спроса и издержек агентов / М.И. Гераськин, А.Г. Чхартишвили // Проблемы управления. – 2015. - № 6. С. 10–22.
- [25] Гераськин, М.И. Оптимизация взаимодействий в мультиагентной сильносвязанной системе «ритейлер-банк-страховщик» / М.И. Гераськин, В.В. Манахов // Проблемы управления. – 2015. - № 4. С. 9–18.
- [26] Geraskin, M.I. Transferable utility distribution algorithm for multicriteria control in strongly coupled system with priorities / M.I. Geraskin // CEUR Workshop Proceedings, 2016; Volume 1638. Pp. 542-551.