

А.И. Буравлев, доктор технических наук,
профессор

Когнитивная модель управления совокупным потенциалом государства

В статье рассмотрена слабо структурированная задача управления совокупным потенциалом государства, составными частями которого являются экономический, военный и политический потенциал. Предполагается, что количественные оценки этих потенциалов могут быть получены расчетно-экспертным путем в метрической нормированной шкале. Для решения задачи предлагается использовать когнитивную модель, описывающую взаимодействие экономического, военного и политического потенциалов в рамках графовой модели с известными параметрами влияния. В качестве управляющих параметров рассмотрены доли экономического потенциала, используемого на развитие военного и политического потенциалов. Критерием оптимального управления является минимум средневзвешенного квадрата отклонения вектора потенциалов от эталонного вектора с единичными компонентами с учетом вклада каждой компоненты в совокупный потенциал государства. Получено аналитическое решение для оптимальных значений управляющих параметров. Приведен пример, иллюстрирующий принципиальную возможность решения поставленной задачи.

Введение

Потенциал государства характеризует количественную меру его возможностей в различных сферах деятельности: экономической, социальной, политической, военной. Возможности государства по решению задач в каждой из указанных сфер также выражаются соответствующим потенциалом. При этом экономический потенциал служит основой остальных потенциалов, поскольку определенная часть экономических ресурсов используется для формирования и развития социального, политического и военного потенциалов. В этом смысле наличие и величина экономического потенциала выступает необходимым условием и определяющим фактором для других потенциалов.

Вместе с тем и социальный, и военный, и политический потенциал определенным образом влияют на экономический потенциал, способствуя его развитию или деградации. На обыденном уровне понятно, что увеличение экономического потенциала способствует росту социального, политического и военного потенциалов. С другой стороны, рост военных, социальных, управленческих и других расхо-

дов, связанных с осуществлением внутренней и внешней политики государства, приводит к сокращению расходов на развитие экономических активов (обновление производственных фондов, создание инновационных материалов и технологий, развертывание новых производств, подготовка кадров и др.). Все это отрицательно сказывается на темпах развития экономики и росте экономического потенциала.

Налицо весьма сложная система отношений между экономическим, социальным, военным и политическим потенциалами государства. Для исследования такого рода систем в настоящее время широко используется методология когнитивного моделирования [1, 2, 3], позволяющая строить экспертно-ориентированные модели сложных процессов с использованием накопленной базы знаний. Такие модели позволяют выявить основные тенденции развития систем, критические уровни различных факторов, приводящих к качественному изменению системы.

Ниже рассматривается модель управления совокупным потенциалом государства с использованием когнитивной модели [4].

1. Структурно-логическая схема управления совокупным потенциалом государства

Далее мы будем рассматривать совокупный потенциал государств как вектор, включающий в себя компоненты экономического, политического и военного потенциалов:

$$P = (P_э, P_в, P_п). \tag{1}$$

Каждая компонента потенциала измеряется в нормированной шкале (0,1), где $P=0$ теоретически характеризует отсутствие потенциала, а $P=1$ – максимальное его значение относительно выбранного эталона. В качестве эталона выбрана самая могущественная страна мира – США – и относительно нее определяются значения потенциалов других стран.

С вектором потенциалов свяжем его скалярную характеристику (норму) в виде средневзвешенной суммы частных потенциалов:

$$P = \|P\| = \alpha_э P_э + \alpha_в P_в + \alpha_п P_п,$$

где $\alpha_э, \alpha_в, \alpha_п$ – положительные весовые коэффициенты, удовлетворяющие условию нормировки $\alpha_э + \alpha_в + \alpha_п = 1$.

Эта величина также характеризует совокупный потенциал государства, приведенный к единой шкале измерения.

Отношения между различными потенциалами задает полно связный граф, представленный на рисунке 1. Стрелками показаны связи потенциалов и их долевое участие в формировании других потенциалов.

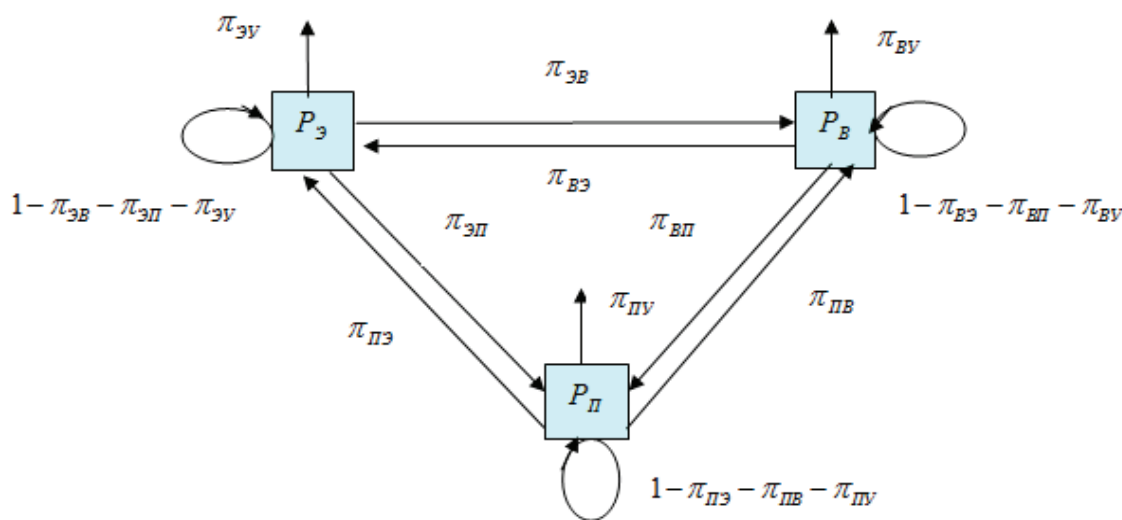


Рисунок 1 – Граф отношений между потенциалами

При возникновении внешних угроз часть экономического, военного, а также политического потенциалов расходуется безвозвратно на компенсацию этих угроз. На графе это обозначено стрелками, исходящими из соот-

$$G = \begin{bmatrix} 1 - \pi_{эв} - \pi_{эп} - \pi_{эу} & k_{вэ} \pi_{вэ} & k_{пэ} \pi_{пэ} \\ k_{эв} \pi_{эв} & 1 - \pi_{вэ} - \pi_{вп} - \pi_{ву} & k_{пв} \pi_{пв} \\ k_{эп} \pi_{эп} & k_{вп} \pi_{вп} & 1 - \pi_{пэ} - \pi_{пв} - \pi_{пу} \end{bmatrix}, \tag{2}$$

где π_{ij} – доля i -го потенциала, используемого для формирования j -го потенциала;

ветствующих узлов с указанием доли расходуемых потенциалов.

Для учета взаимозависимости компонентов совокупного потенциала и их влияния друг на друга введем матрицу их взаимосвязи:

$k \geq 1$ – коэффициенты усиления эффектов взаимодействия потенциалов.

Усиление эффекта взаимодействия между потенциалами обусловлено наличием активных механизмов их формирования. Так, например, повышение доли военных расходов из бюджета страны на 1% практически не влияет на величину экономического потенциала. Однако может значительно повысить уровень оснащённости вооружённых сил ВВТ, интенсивность их боевой подготовки и, в конечном итоге, привести к существенному повышению военного потенциала государства. При этом неизбежно повышается и его политический потенциал на международной арене. С другой стороны, повышение военного потенциала способствует повышению уровня безопасности страны, создаёт у ее населения чувство защищённости от внешних угроз, стимулирует социальную и экономическую активность людей, что благотворно сказывается на развитии экономики страны. Наличие таких обратных связей обеспечивает мультипликативный эффект в развитии государства, как сложной активной системы.

При определенных условиях вместо усиления может возникнуть обратная картина – ослабление эффектов взаимодействия потенциалов. Это становится возможным, если действия активных механизмов противоположны целевым установкам. В этом случае коэффициенты взаимодействия принимают значения $0 \leq k < 1$.

где $F = \min_u [\mathbf{P}^* - \mathbf{P}(u, t)]^T \mathbf{A} [\mathbf{P}^* - \mathbf{P}(u, t)]$; $\mathbf{P}(u, t) \leq 1$; $0 \leq u \leq \hat{u}$,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \alpha_{\text{э}} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_{\text{в}} & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{\text{п}} \end{bmatrix}$$
 – матрица весовых коэффициентов;

\hat{u} – вектор ограничений.

Дополнительно потребуем, чтобы величина экономического потенциала была не ниже величины

$$\begin{aligned} P_{\text{э}}(t+1) &= (1 - u_{\text{эв}} - u_{\text{эл}} - \pi_{\text{вв}}) P_{\text{э}}(t) + k_{\text{вэ}} \pi_{\text{вэ}} P_{\text{в}}(t) + k_{\text{пэ}} \pi_{\text{пэ}} P_{\text{п}}(t); \\ P_{\text{в}}(t+1) &= (1 - \pi_{\text{вэ}} - \pi_{\text{вп}} - \pi_{\text{вв}}) P_{\text{в}}(t) + k_{\text{эв}} u_{\text{эв}} P_{\text{э}}(t) + k_{\text{пв}} \pi_{\text{пв}} P_{\text{п}}(t); \\ P_{\text{п}}(t+1) &= (1 - \pi_{\text{пэ}} - \pi_{\text{пв}} - \pi_{\text{пп}}) P_{\text{п}}(t) + k_{\text{эл}} u_{\text{эл}} P_{\text{э}}(t) + k_{\text{пв}} \pi_{\text{пв}} P_{\text{в}}(t) \end{aligned} \quad (3')$$

2. Математическая модель управления совокупным потенциалом государства

Эволюцию потенциалов будем рассматривать в дискретном времени $t=0,1,2,\dots,n$. Пусть $\mathbf{P}(t)$, $\mathbf{G}(t)$ вектор потенциалов и матрица их изменений в момент времени t соответственно. Тогда уравнение эволюции потенциалов можно описать матричным уравнением $\mathbf{P}(t+1) = \mathbf{G}(t) \mathbf{P}(t)$ (3) с заданным начальным условием $\mathbf{P}(0)$.

Параметры уравнения эволюции π, k могут быть определены расчетно-экспертным путем. В качестве управляющих параметров выберем долю военных расходов $u_{\text{эв}}$ и расходы на государственное управление и поддержание общественно-политических институтов $u_{\text{эл}}$. Остальные параметры будем считать известными и не зависящими от времени. Это допущение вполне допустимо для среднесрочного периода развития в пределах нескольких лет. При сделанных предположениях уравнение эволюции совокупного потенциала будет иметь вид:

$$\mathbf{P}(t+1) = \mathbf{G}(u, t) \mathbf{P}(t),$$

где $u = (u_{\text{эв}}, u_{\text{эл}})$ – вектор управления.

Выбор управлений будем осуществлять так, чтобы минимизировать среднеквадратичное отклонение вектора потенциалов $\mathbf{P}(u, t)$ от «идеального» вектора $\mathbf{P}^* = (1, 1, 1)$ с максимально возможными значениями потенциалов:

$$P_{\text{э}}(t) \geq \hat{P}_{\text{э}}, \quad (5)$$

при которой обеспечивается требуемый уровень жизни населения страны.

В соответствии с матричным уравнением (3) выпишем систему алгебраических уравнений, описывающих эволюцию потенциалов:

с начальными условиями $P_э(0), P_в(0), P_п(0)$.

$$F(u_{эв}, u_{эп}) = \alpha_э [1 - P_э(u_{эв}, u_{эп})]^2 + \alpha_в [1 - P_в(u_{эв})]^2 + \alpha_п [1 - P_п(u_{эп})]^2 \rightarrow \min_{u_{эв}, u_{эп}}$$

при ограничениях:

$$0 \leq u_{эв} \leq u_{эв}^{\max}; 0 \leq u_{эп} \leq u_{эп}^{\max}.$$

Минимум квадратичной функции $F(u_{эв}, u_{эп})$ достигается в стационарных точках, определяемых равенствами:

$$\begin{aligned} u_{эв}(t) &= \min \left\{ \frac{1 - \frac{\alpha_э}{\alpha_в k_{эв}} (1 - \hat{P}_э - (1 - \pi_{вэ} - \pi_{вп} - \pi_{ву}) P_в(t-1) - k_{пв} \pi_{пв} P_п(t-1))}{k_{эв} \hat{P}_э}; u_{эв} \right\}; \\ u_{эп}(t) &= \min \left\{ \frac{1 - \frac{\alpha_э}{\alpha_п k_{эп}} (1 - \hat{P}_э - (1 - \pi_{пэ} - \pi_{пв} - \pi_{пу}) P_п(t-1) - k_{вп} \pi_{вп} P_в(t-1))}{k_{эп} \hat{P}_э}; u_{эп} \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

3. Исследование модели

Рассмотрим ряд примеров, иллюстрирующих возможность применения когнитивной модели в задачах управления совокупным потенциалом государства.

Пример 1. Найдем оптимальное управление совокупным потенциалом государства, параметры которого приведены в таблице 1. Параметрами управления являются доля во-

Критерий выбора управлений (4) в скалярном виде задается выражением:

$$\frac{\partial F}{\partial u_{эв}} = 0; \frac{\partial F}{\partial u_{эп}} = 0. \quad (6)$$

Совместное решение уравнений (6) с учетом соотношений (3'), (5) дает следующие выражения для оптимальных управлений:

енных расходов и расходов на обеспечение государственного управления и поддержание общественно-политических институтов в течение временного периода $T=10$ лет при заданных ограничениях $u_{эв} \leq 0,08, u_{эп} \leq 0,1$. Достижимый уровень экономического потенциала должен составлять $\hat{P}_э = 0,8$. Затраты потенциалов на взаимодействие с внешним миром отсутствуют.

Таблица 1 – Исходные данные иллюстративного примера

Параметры модели	$\pi_{эв}$	$\pi_{эп}$	$\pi_{эу}$	$\pi_{вэ}$	$\pi_{вп}$	$\pi_{ву}$	$\pi_{пэ}$	$\pi_{пв}$	$\pi_{пу}$
Числовые значения	$\leq 0,08$	$\leq 0,1$	0	0,1	0,05	0	0,15	0,1	0
Коэффициенты усиления эффектов взаимодействия	$k_{эв}$	$k_{эп}$	$k_{эу}$	$k_{вэ}$	$k_{вп}$	$k_{ву}$	$k_{пэ}$	$k_{пв}$	$k_{пу}$
Числовые значения	2,0	1,5	1,0	1,2	1,5	1,0	1,2	1,1	1,0
Весовые коэффициенты	$\alpha_э$			$\alpha_в$			$\alpha_п$		
Числовые значения	0,5			0,35			0,15		

В таблице 2 приведены расчетные данные по доле военных расходов и расходов на государственное управление и поддержание общественно-политических институтов за рассматриваемый период, обеспечивающие устойчивое развитие государства и рост его совокупного потенциала.

На рисунках 2, 3 показаны графики изменения совокупного потенциала государства

$P(t)$ при оптимальных военных расходах $u_{эв}$ и расходах на государственное управление и развитие общественно-политических институтов $u_{эп}$.

Как видно из приведенного примера, управление совокупным потенциалом посредством оптимизации военных расходов и расходов на государственное управление действительно позволяет повысить совокупный потенциал государства.

Таблица 2 – Динамика развития государства при оптимальных значениях на обеспечение его военного и политического потенциалов

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_э(t)$	0,5	0,56	0,57	0,60	0,675	0,74	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
$P_в(t)$	0,7	0,73	0,82	0,90	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
$P_п(t)$	0,3	0,32	0,38	0,43	0,48	0,53	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58
$u_{эв}$	0,05	0,08	0,08	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$u_{эл}$	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
$F(t)$	0,23	0,19	0,16	0,13	0,10	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$P(t)$	0,54	0,58	0,63	0,68	0,72	0,76	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80

За счет эффекта взаимного влияния происходит нелинейный рост как частных, так и совокупного потенциала государства с выходом на предельный уровень, определяемый заданным уровнем экономического потенци-

ала. При этом затраты на развитие военного и политического потенциалов сначала возрастают до предельных значений, а затем уменьшаются с выходом на стационарные значения.

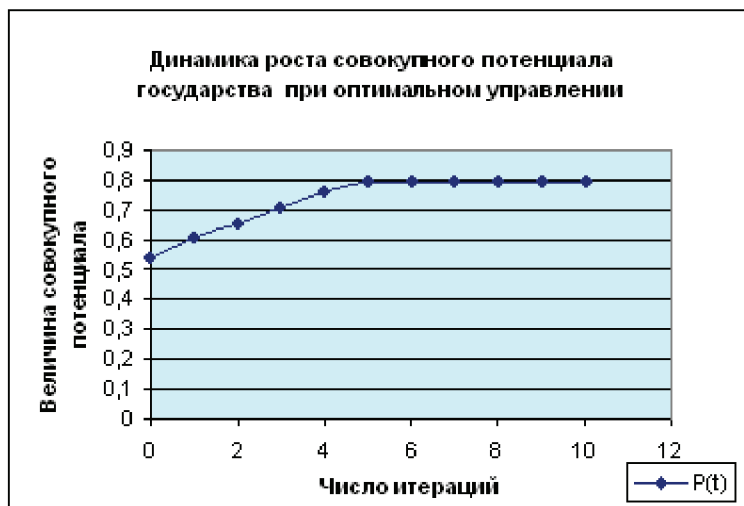


Рисунок 2 – Динамика роста совокупного потенциала государства при оптимальном управлении

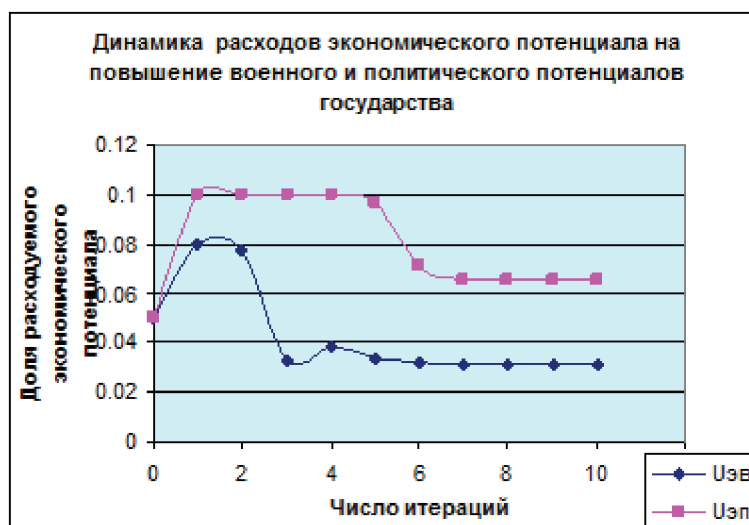


Рисунок 3 – Динамика расходов экономического потенциала на повышение военного и политического потенциалов

Пример 2. В данном примере рассмотрим ситуацию, когда государство часть своего экономического, военного и политического потенциалов затрачивает на обеспечение своей национальной безопасности.

Предположим, что некая недружественная страна или коалиция стран развязывает против нашего государства военные действия. Продолжительность военных действий характеризуется индикатором времени их действия $i(t)=\{0,1\}$, где значение 1 соответствует действию, а 0 – его отсутствию.

В ходе отражения агрессии безвозвратные затраты экономического и военного потенциалов составляют $\pi_{ЭУ}=0,15$, $\pi_{ВУ}=0,15$. Ограничение на параметр управления $u_{ЭВ}$ остается прежним, ограничение на параметр $u_{ЭП}$ увеличивается с 0,1 до 0,15. Коэффициенты взаимодействия потенциалов остаются неизменными.

Результаты моделирования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты моделирования

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I(t)$	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$P_{Э}(t)$	0,5	0,435	0,386	0,426	0,475	0,520	0,547	0,575	0,599	0,620	0,638
$P_{В}(t)$	0,7	0,62	0,63	0,74	0,83	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
$P_{П}(t)$	0,3	0,32	0,38	0,42	0,47	0,51	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56
$u_{ЭВ}$	0,05	0,08	0,08	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
$u_{ЭП}$	0,05	0,15	0,15	0,15	0,14	0,11	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
$F(t)$	0,23	0,28	0,29	0,24	0,19	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
$P(t)$	0,54	0,48	0,47	0,53	0,60	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71

На рисунках 4-8 приведены графики изменения экономического, военного, политического и совокупного потенциалов в ходе отражения агрессии и последующего восстановления.

На рисунке 8 показана динамика изменения военных расходов и расходов на государственно-политическое управление в течение рассматриваемого периода времени.

Из результатов моделирования видно, что в случае военной агрессии и связанных с ней безвозвратных потерь происходит естественное снижение экономического и военного потенциалов страны. При определенных параметрах модели мы наблюдаем также устойчивую динамику последующего восстановления потенциала государства.

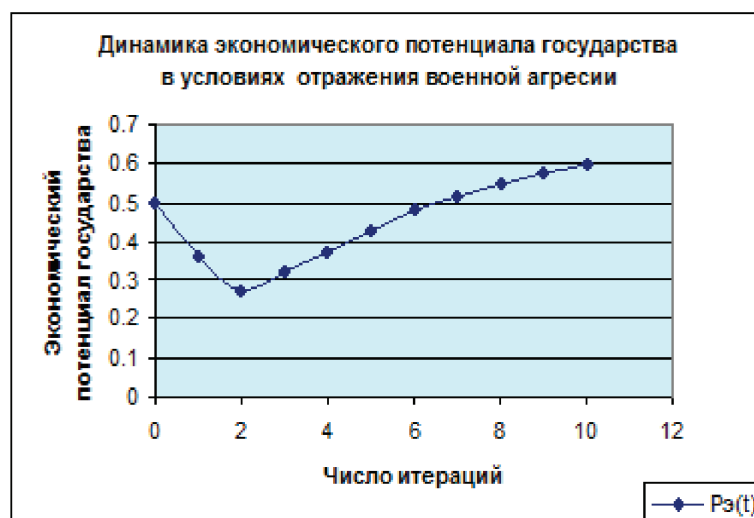


Рисунок 4 – Динамика экономического потенциала государства в условиях отражения агрессии

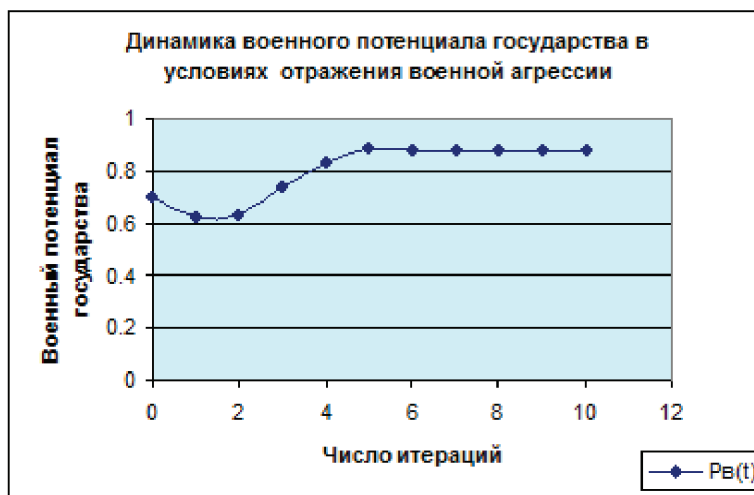


Рисунок 5 – Динамика военного потенциала государства в условиях отражения агрессии

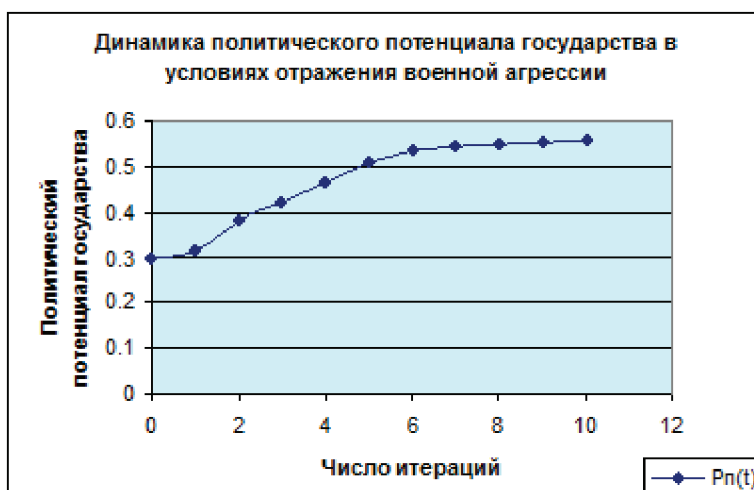


Рисунок 6 – Динамика политического потенциала государства в условиях отражения агрессии

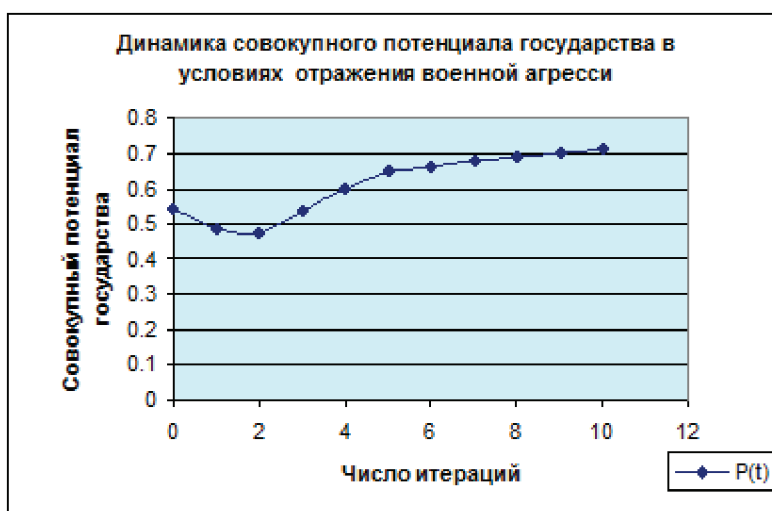


Рисунок 7 – Динамика совокупного потенциала государства в условиях отражения агрессии

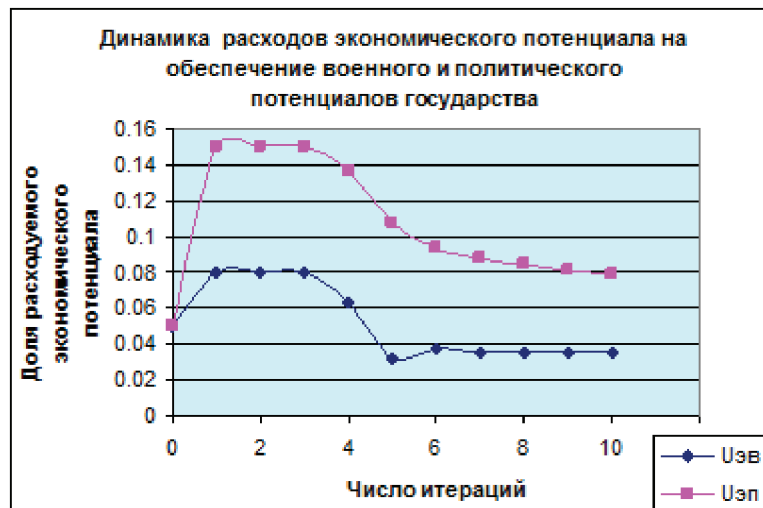


Рисунок 8 – Динамика расходов экономического потенциала на обеспечение военного и политического потенциалов

Интересен результат роста политического потенциала государства в период военной агрессии и последующего восстановления. Такой эффект дают нам исторические примеры, когда перед лицом агрессора народ, органы государственной власти и общественно-политические организации государства спланиваются и выступают единым фронтом в борьбе за независимость государства. Данный эффект в модели был получен соответствующим выбором значений коэффициентов взаимодействия потенциалов, что свидетельствует о достаточно высоких исследовательских возможностях модели.

Исследования модели показали, что изменением параметров модели можно реализовать также процесс неустойчивого развития государства и даже его деградации. Такой результат достигается, если принять значения коэффициентов взаимодействия $k_{вэ}=0,5$; $k_{пп}=0,3$ и ограничение на управления $u_{эв}=0,03$; $u_{эп}=0,05$.

На рисунках 9-11 показаны графики изменения экономического, военного, политического и совокупного потенциалов государства при данных параметрах модели.

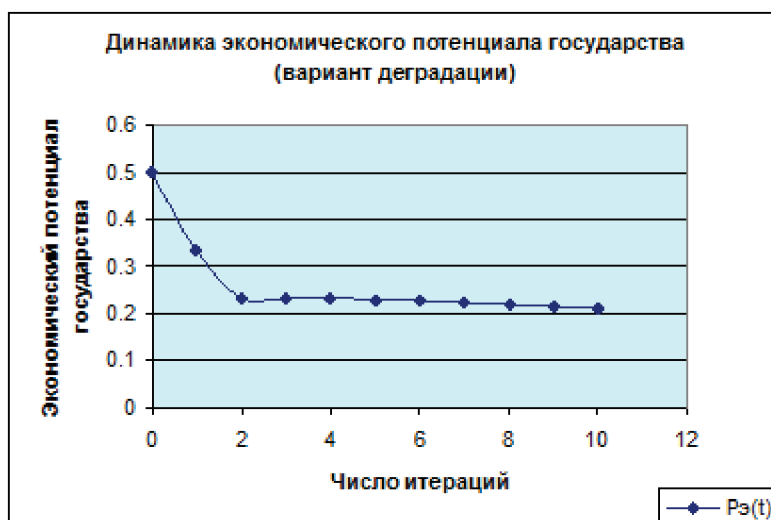


Рисунок 9 – Динамика экономического потенциала государства (вариант деградации)

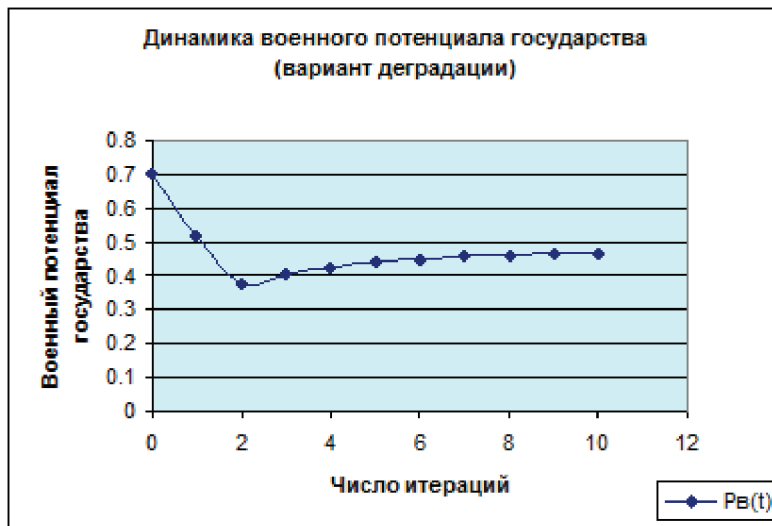


Рисунок 10 – Динамика военного потенциала государства (вариант деградации)

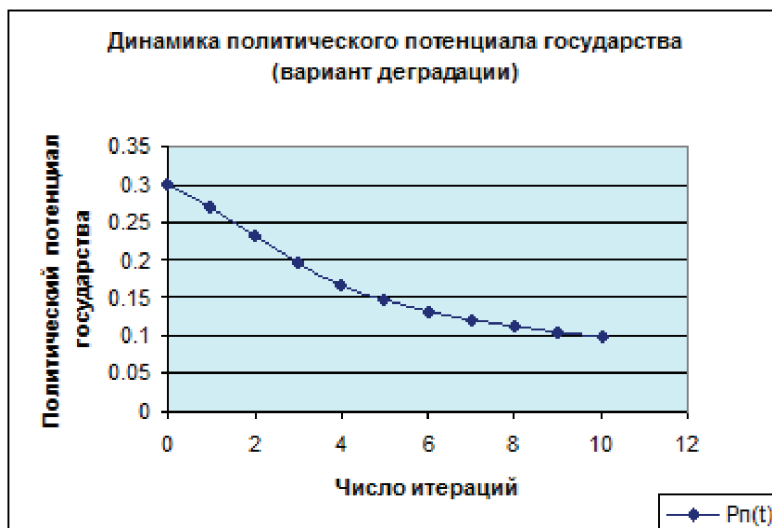


Рисунок 11 – Динамика политического потенциала государства (вариант деградации)

Из приведенных результатов видно, что существенное ослабление механизмов взаимодействия между военным и экономическим, военным и политическим потенциалами приводит к деградации и утрате потенциала дальнейшего развития государства.

Таким образом, рассмотренная модель управления потенциалом государства позволяет проводить исследование различных условий и вариантов стратегий развития государства.

Заключение

Рассмотренная когнитивная модель подтверждает принципиальную возможность ре-

шения задачи управления совокупным потенциалом государства в рамках заданной стратегии управления. Практическое применение модели и адекватность получаемых результатов будет зависеть от достоверности определения параметров когнитивной модели и адекватности ее настройки для рассматриваемой ситуации. Для получения количественных оценок параметров модели необходимо использовать весь арсенал современных экспертно-аналитических методов.

Список использованных источников

1. Максимов В.И., Корноушенко Е.К. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач. – М.: ИПУ РАН, 1999. – Т. II.
2. Коврига С.В., Максимов В.И. Когнитивная технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде // Сборник статей 1-ой международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC-2001)». – М.: ИПУ РАН, 2001.
3. Макаренко Д.И. Когнитивный подход к анализу и прогнозированию развития социально-экономических систем и ситуаций // Успехи современного естествознания. – 2004. – №5.
4. Буравлев А.И. Когнитивное моделирование систем: новый подход // Вооружение и экономика. – 2011. – № 2 (14).