

УДК 65.015

UDC 65.015

08.00.13 - Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки)

08.00.13 - Mathematical and instrumental methods of economics (economic sciences)

**МЕТОДИКА МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

**METHODS FOR MONITORING AND CONTROL OF INNOVATIVE PROJECTS BY METHODS OF SOCIAL NETWORKS ANALYSIS**

Павлов Дмитрий Алексеевич  
к.ф.-м.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код, 8822-5089  
[dp.logic@gmail.com](mailto:dp.logic@gmail.com)

Pavlov Dmitriy Alexeevich  
Cand.Phys.-Math.Sci., associate professor  
RSCI SPIN-code, 8822-5089  
[dp.logic@gmail.com](mailto:dp.logic@gmail.com)

Кирий Александр Владимирович  
к.ф.-м.н., доцент  
*Кубанский государственный аграрный университет, Россия*

Kiry Alexander Vladimirovich  
Cand.Phys.-Math.Sci., associate professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Целью работы является разработка методики мониторинга и контроля инновационных проектов для повышения эффективности управления проектами. В качестве гипотезы исследования выбрано утверждение, что коммуникации участников проекта влияют на результаты успешного выполнения инновационного проекта. Для оценки динамики внутренних коммуникаций участников проекта используются методы социального анализа сетей. Приведены сетевые метрики, на основании которых можно фиксировать проблемы внутренних коммуникаций и принимать организационно-управленческие решения для их устранения. Предложены методы сбора данных для построения внутренних коммуникаций исполнителей проекта на основе их формальных и неформальных отношений. Построена методика мониторинга и контроля эффективности проектного управления инновационными проектами. В качестве методов исследования используются методы теории графов для анализа динамики процессов коммуникаций внутри проектных групп

The aim of the work is to develop a methodology for monitoring and controlling innovative projects to improve the efficiency of project management. The hypothesis of the research is the statement that the communications of the project participants affect the results of the successful implementation of an innovative project. Methods of social network analysis are used to assess the dynamics of internal communications of project participants. The network metrics are given, on the basis of which it is possible to fix the problems of internal communications and make organizational and managerial decisions to eliminate them. Methods of data collection for building internal communications of project executors based on their formal and informal relationships are proposed. A methodology for monitoring and controlling the effectiveness of project management of innovative projects has been developed. As research methods, we used methods of graph theory to analyze the dynamics of communication processes within project teams

Ключевые слова: МОНИТОРИНГ ИСПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ, АНАЛИЗ КОММУНИКАЦИЙ, АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Keywords: PROJECT EXECUTION MONITORING, COMMUNICATIONS ANALYSIS, SOCIAL NETWORK ANALYSIS

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-166-015>

Традиционные подходы в области управления проектами ориентированы на использование инструментов для предварительного планирования задач и разработки максимально подробных графиков. Однако определяющим фактором успеха становятся не методики

управления, а коммуникации и отношения между участниками проекта [1]. По результатам исследования, проведенного PMI, сделан вывод, что неэффективные коммуникации являются причиной в среднем более половины (56%) затрат, связанных с покрытием рисков, возникающих в проектах [2].

За формальные коммуникации между участниками проекта отвечает регламентированные правила и организационная структура. Неформальные коммуникации управляются не формально созданной организационной структурой, а на личных принципах и социальных потребностях участников. Стоит отметить, что неформальные коммуникации намного шире формальных. Для визуализации неформальных коммуникаций используют социальные сети. Следовательно, если эти возникающие неформальные сети, которые обычно скрыты за организационной структурой не управляются должным образом, они могут превратиться в проблему и сильно снизить производительность и инновационный потенциал организации [3,4]. Исследования показывают, что организационные неформальные сети оказывают большое влияние на опыт работы сотрудников, содействуют поиску информации, нестандартных и инновационных решений, создают условия, в которых участниками проще обмениваться идеями, мнения [5]. В конечном итоге, если этими неформальными сетями не управлять должным образом, они могут превратиться в неэффективную модель сотрудничества и привести к неудачам проектов [6].

Таким образом, неформальная сеть проекта или социальная сеть проекта относится ко всем динамическим взаимодействиям участников проекта, которые происходят вне и внутри заранее определенного формата организационной структуры.

Для анализа социальных сетей использую методы *Social network analysis* (SNA). SNA – это процесс изучения социальных структур, обычно

путем анализа социальных дихотомических данных с помощью различных мер, разработанных на основе теории графов, которые помогают объяснить, как эти социальные структуры развиваются во времени и как они влияют на среду, в которых они существуют [7,8]. Основываясь на социометриках и теории графов, SNA обеспечивает важный метод для сложных социальных сетей и широко используется в областях передачи болезней, распространения инноваций, межличностных отношений, интернет-коммуникации и обмена знаниями в организациях. В работах [9] предположили, что социальные сети обеспечивают лучшее понимание организационного поведения, чем формальная структура. Pryke [10] утверждал, что методы SNA предложены в качестве альтернативной методологии для повышения эффективности управления проектами и государственного управления, и предложил такие метрики как плотность и центральность в качестве подходящих мер SNA для управления строительными проектами. Автор [11] использовал перспективу управления, ориентированную на сети, а не на проекте, чтобы лучше управлять сетями проектов как динамическими организационными формами. Chinowsky и др. [11] разработали модель социальной сети для построения, которая состоит из двух основных компонентов: динамики (опыт, надежность, доверие и ценности) и механики (коммуникация, обмен информацией и обмен знаниями). В большом количестве исследований изучались цели сложных проектов и организаций в контексте социальных сетей, такие как невидимые структуры, коммуникация, координация, коалиции и информационная зависимость, чтобы определить их влияние на эффективность организации [10-15].

В данной работе представлена попытка с помощью методов SNA разработать эффективный инструмент контроля и управления инновационными проектами на основе анализа внутренних коммуникаций участников проекта. В качестве инновационных проектов будем понимать

проекты, главной целью которых является разработка и использование новых технологий, позволяющих обеспечить развитие систем.

Для оценки реализации успешности проекта в проектном менеджменте часто используют треугольник управления проектом, созданный Мартином Барнсом, который демонстрирует взаимосвязь между показателями проекта в виде: затрат, качества и сроков. Фокусировка или фиксация одной точки треугольника влияет на две другие точки [16]. Другими словами, если одна часть треугольника зафиксирована, две другие точки должны переместиться, поэтому при неизменном качестве может потребоваться увеличение времени или затрат.

Kliem и Ludin изменили треугольник целей, чтобы показать людей в центре. Они назвали его «Четыре параметра успеха проекта», предположив, что если люди не считаются решающим элементом, проект потерпит неудачу, даже при наличии хороших планов, организационной структуры и надлежащего контроля [17].

Ключевой функцией менеджера проекта и команды проекта является поддержание баланса между всеми ограничениями проекта на всех этапах выполнения проекта. Согласно своду знаний по управлению проектами РМВоК [18], на этапе реализации проекта основными становятся группы процессов: исполнения, мониторинга и контроля. Группа процессов мониторинга и контроля регулярно оценивает прогресс проекта и осуществляет мониторинг для обнаружения отклонения от плана управления проектом, и, в случае необходимости, проводит корректирующие действия для успешного выполнения проекта.

Для оценки отклонений от плана управления проектом используется набор показателей, которые можно разделить на качественные и количественные [19]. К количественным показателям относятся затраты, время, тогда как к качественным – соответствие

результатов проекта стратегии организации или оценку удовлетворенности клиента.

В настоящее время мониторинг показателей времени и затрат, а также сетевые модели планирования и управления (CPM, PERT и др.) являются основными способами контроля эффективности управления проектами [20-22].

Предметом данного исследования являются внутриорганизационные коммуникации между участниками инновационного проекта. Предполагается, что отклонения, возникающие в проекте, будут вызываться неэффективными коммуникациями и сопровождаться изменениями в сети коммуникаций, что может быть зафиксировано методами SNA.

Для построения социальной сети необходимо использовать формальные и неформальные коммуникации между участниками. Для сбора данных по формальным коммуникациям могут использоваться информационные системы электронного документооборота, трекеры задач, электронная почта, системы управления проектами. Анкетирование проводится с целью сбора данных неформального взаимодействия между сотрудниками. Из приведенных систем выбираются транзакции между участниками с заданной интенсивностью за определенных период времени. Для представления полученных данных удобно использовать граф, в котором вершинам соответствуют участники проекта, а наличие ребра между выбранными вершинами означает присутствие коммуникации. На рисунке 1 представлен пример построения социальной сети коммуникаций между участниками проекта. Фамилия исполнителей проекта являются вымышленными.

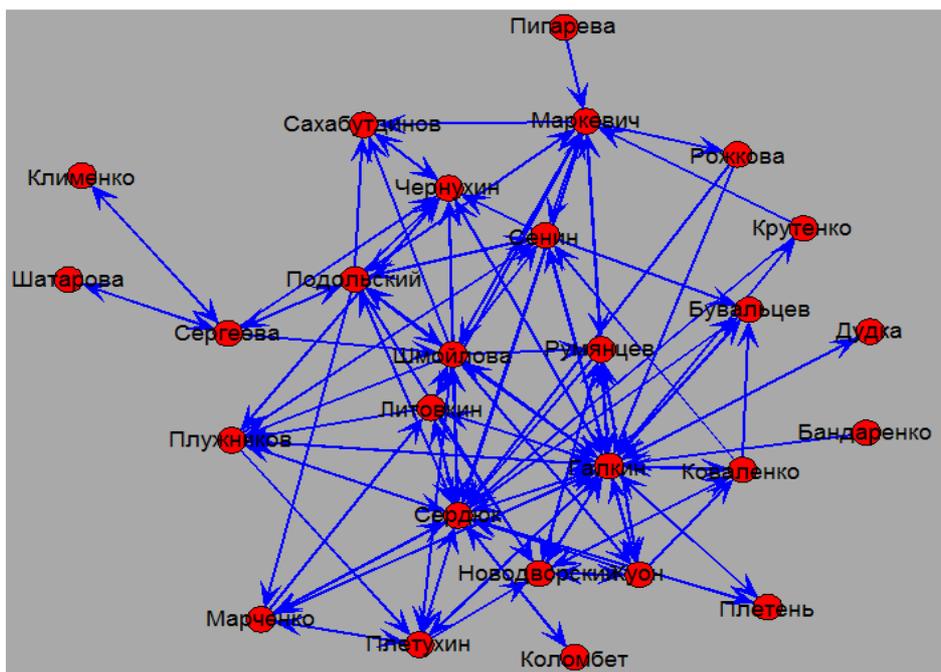


Рисунок 1 – Пример построения социальной сети отражающей коммуникации между участниками проекта

Для анализа социальной сети предлагается использовать метрики SNA, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрики SNA

№ п/п	Название метрики SNA	Формула	Описание
1	Размерность	Для несимметричной сети $L = n * (n - 1)$ Для симметричной сети: $L = \frac{n*(n-1)}{2}$ , где $n$ – количество вершин	Определение количества связей участников сети
2	Плотность	$\Delta = \frac{L}{n * (n - 1)}$ где $n$ – количество вершин	Определение доли имеющихся связей по отношению к максимально возможному количеству связей между участниками сети
3	Диаметр	$d = \max_{v \in V} \epsilon(v)$	Определение самого длинного оптимального

			(кратчайшего) пути в сети
4	Средняя степень	$AvDeg = \frac{\sum_{i=1}^n deg_i}{n}$	Среднее количество связей участников сети
5	Коэффициент кластеризации	$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \text{ где}$ $C_i = \frac{2e_i}{k_i(k_i - 1)}$ <p><math>e_i</math> - число связей между узлами, непосредственно связанными с <math>I</math> – ым узлом  <math>k_i</math> – число ребер инцидентных с <math>I</math> – м узлом</p>	<p>Определяет значения кластеризации для всех узлов сети. Когда коэффициент кластеризации высокий – это означает, что сеть чрезвычайно плотно сгруппирован вокруг нескольких узлов; когда низкий – это значит, что связи в сети относительно равномерно распространены среди всех узлов</p>
6	Центральность	<p>Центральность по степени (degree centrality)</p> $C_D(i) = \sum_{j=1, n} a(i, j),$ <p>Где <math>a(i, j) = 1</math>, когда вершины соединены ребром</p>	<p>Определение наиболее весомых участников сети. Большое значение <math>C_D(i)</math> указывает на большое количество связей, принадлежащих узлу <math>i</math>. Большое значение <math>C_D</math> указывает на высокую степень связей среди участников</p>
		<p>Центральность по посредничеству (betweenness centrality).</p> $C_B(i) = \sum_j \sum_k \frac{g_{ij}(k)}{g_{ij}}, i \neq j \neq k,$ <p><math>g_{ij}</math>-количество кратчайших путей от <math>i</math> до <math>j</math>, а <math>g_{ij}(k)</math>- количество</p>	<p>Узел с более низким <math>C_B(i)</math> указывает на важного посредника в сети, и этот узел имеет большое влияние на потоки во всей сети. Чем выше <math>C_B</math>, тем более значимым становится</p>

		<p>кратчайших путей от от <math>i</math> до <math>j</math>, проходящих через <math>k</math>.</p>	<p>посредник, поскольку сеть делится на несколько небольших подсетей и может негативно повлиять на организационный контроль из-за возможных манипуляций с информацией и ресурсами</p>
		<p>Эффективность.</p> $C_C(i) = \left[ \sum_j d_{ij} \right]^{-1}$ <p>здесь <math>d_{ij}</math> определяется как расстояние между узлом <math>i</math> и <math>j</math>.</p>	<p>Показывает, насколько узел <math>i</math> контролируется узлом <math>j</math>. <math>C_C</math> очень похожа на <math>C_D</math>, и требует строгих требований к сети, поэтому <math>C_C</math> редко используется в исследованиях</p>
7	Социальная сплоченность	<p><math>c = \max_i c_i</math>, где <math>c_i</math> - <math>i</math>-ая клика в сети</p>	<p>Определение размера максимальной клики (максимального полного подграфа) в сети. Характеризует социальную сплоченность участников проекта.</p>
		<p>к-ядро</p>	<p>Максимальный подграф, в котором каждая вершина связана минимум с <math>k</math> другими вершинами этого же подграфа.</p>

Исследование эффективности проектной деятельности методами SNA применительно к коммуникациям участников проекта проведено в [1]. Автор при изучении коммуникаций участников инновационных проектов использовал три метрики: средняя плотность, средняя плотность

и центральность. В данной работе предлагается более широкий список метрик представленный в таблице 1.

В таблице 2 приведен список соответствия ключевых вопросов организационного контроля и соответствующих организационных изменений через показатели метрик SNA.

Таблица 2 – Соответствие ключевых вопросов организационного контроля и соответствующих организационных изменений через показатели метрик SNA

<b>№ п/п</b>	<b>Ключевые вопросы организационного контроля</b>	<b>SNA метрики</b>	<b>Организационные изменения</b>
1	Организационная сплоченность	Плотность	Оценка и улучшение сплоченности команды с учетом плотности сети
2	Организационные подгруппы	Клики, k-ядра	Использование или улучшение клик
3	Ключевые участники организации	Центральность вершин	Фокусировка на ключевых участниках проекта
4	Распределение организационных полномочий	Центральность, централизация, степень	Разумное назначение и разделение полномочий
5	Организационная информационная коммуникация	Плотность, анализ маршрутов	Информационный контроль
6	Агрегация и интеграция информации	Подструктуры: звезды, мосты и т.д.	Информационный контроль
7	Свойства лиц, принимающих решения	Степень	Достаточность, оперативность и своевременность принятия решений
8	Способности участника / команды	Смежность вершин	Совместимость участников проекта
9	Влияние неформальных отношений	Динамика связей	Внимание к влиянию неформальных отношений
10	Влияние формальных отношений	Динамика связей	Внимание к влиянию формальных отношений

Мониторинг – это систематический процесс сбора, анализа и использования информации для отслеживания прогресса выполнения программы и достижения ее целей и принятия управленческих решений.

Согласно PMBok [18] группа процессов мониторинга и контроля регулярно оценивает прогресс проекта и осуществляет мониторинг, чтобы обнаружить отклонения от плана управления проектом, и, в случае необходимости, провести корректирующие действия для достижения целей проекта.

Предлагается использовать в качестве индикаторов выполнения проекта показатели отклонения времени и затрат. Для этого определяется период проведения процедур мониторинга, который зависит от вида и характера проекта, а также пороговые значения отклонений времени и затрат.

Процедуру мониторинга эффективности выполнения проекта на основе коммуникаций можно представить в виде последовательности следующих шагов:

- 1) Выбрать индикаторы выполнения проекта и определяются интервалы времени цикла мониторинга проекта.
- 2) Через установленные интервалы времени проверить соответствие исполнения индикаторов проекта. В случае, если не выполняются индикаторы проекта выполняется шаг 3.
- 3) Провести процедуру анализа коммуникаций, на основании которой принимается организационно-управленческое решение и сформировать рекомендации по изменению в управлении.
- 4) Шаги 1-3 продолжить, пока не завершен проект.

### **Заключение**

В основе исследования использовалась гипотеза, на основании которой предполагается, что отклонения в реализации проекта сопровождаются изменениями в коммуникации между участниками.

Несомненно, что применение методов SNA является эффективным средством управления коммуникациями проектов. Однако настоящая работа требует тщательного и широкого статистического исследования взаимосвязи между структурой внутри проектных коммуникаций и успешностью выполнения проекта.

Представляется интересным, для дальнейшего исследования в этой области, прогнозировать динамику поведения структуры коммуникаций.

### Литература

1. Титов С.А. Исследование взаимосвязи структуры внутрипроектных коммуникаций и результативности инновационных проектов с помощью анализа социальных сетей // С.А. Титов. Cloud of Science. 2014. Т. 1. № 4 – с. 665-695.
2. The High Cost of Low Performance — The essential Role of Communication”, Project Management Institute, Pulse of the Profession In-Depth Report, May, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pmi.org/business-solutions/~media/PDF/BusinessSolutions/The-High-Cost-Low-Performance-The-Essential-Role-of-Communications.ashx>
3. The High Cost of Low Performance — The essential Role of Communication”, Project Management Institute, Pulse of the Profession In-Depth Report, May, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pmi.org/business-solutions/~media/PDF/BusinessSolutions/The-High-Cost-Low-Performance-The-Essential-Role-of-Communications.ashx>
4. Cross, R.; Prusak, L. The People Who Make Organizations Go—or Stop. June 2002 issue of Harvard Business Review. 2012. [Электронный ресурс]: <https://hbr.org/2002/06/the-people-who-make-organizations-go-or-stop>
5. Ballinger, G.; Craig, E.; Cross, R.; Gray, P. A Stitch in Time Saves Nine: Leveraging Networks to Reduce the Costs of Turnover. Calif. Manag. Rev. 2011, 53, 111–133.
6. Cross, R.; Rebele, R.; Grant, A. Collaborative Overload. Harv. Bus. Rev. 2016, 94, 74–79.
7. Durland, M.; Fredericks, K. An Introduction to Social Network Analysis. New Dir. Eval. 2006, 2005, 5–13.
8. Otte, E.; Rousseau, R. Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences. J. Inf. Sci. 2002, 28, 441–453.
9. Krackhardt D. and Hanson J.R. (1993) Informal networks: the company behind the charts. Harvard Business Review, 71, 104–11.
10. Pryke S.D. (2005) Towards a social network theory of project governance. Construction Management and Economics, 23, 927–39.
11. Chinowsky P., Diekmann J. and Galotti V. (2008) Social network model of construction. Journal of Construction Engineering and Management, 134, 804.
12. Pekerikli M.K., Akinci B. and Karaesmen I. (2003) Modeling information dependencies in construction project network organizations. Proceedings of the Fourth Joint

International Symposium on Information Technology in civil Engineering, Nashville, TN, USA, 15–16 November 2003, 1–13.

13. Ellmann S. (2008) Management of complex projects: invisible structures, coordination and recommendations for management. Proceedings of the 22nd IPMA World Congress, Rome, Italy, 9–11 November 2008, pp. 12–32.

14. Hossain L. (2009) Effect of organisational position and network centrality on project coordination. International Journal of Project Management, 27, 680–89.

15. Hossain L. and Wu A. (2009) Communications network centrality correlates to organisational coordination. International Journal of Project Management, 27, 795–811.

16. Dennis Lock, 2007. Project Management , 9th ed. Aldershot:Gower Publishing Limited. Latest edition Project Management from Amazon

17. Ralph L. Kliem, Irwin S. Ludin, Ken L. Robertson, 1997. Project Management Methodology: A Practical Guide for the Next Millennium: A Practical Guide for the Next Millennium, New York: CRC Press.

18. Ghosh S. et al. Enhance PMBOK® by Comparing it with P2M, ICB, PRINCE2, APM and Scrum Project Management Standards // PM World Today. 2012. Т. 14. № 1. С. 1–77.

19. Crawford L., Pollack J. Hard and soft projects: a framework for analysis // International Journal of Project Management. 2004. Т. 22. № 8. С. 645–653.

20. Колосова Е. В. Показатели освоенного объема в управлении проектами // Управление большими системами: сборник трудов. 2000. №2. С. 62–70.

21. Олексиенко Ю. Г. Методы контроля исполнения проектов: автореф. дис. канд.экон. наук: 08.00.05; ГУ ВШЭ. М., 2005. 19 с.

22. Управление проектом. Основы проектного управления : учебник / кол. авт.; под ред. проф. М.Л. Разу. М.: КНОРУС, 2006. 768 с.

## Reference

1. Titov S.A. Issledovanie vzaimosvyazi struktury vnutriproektnyh kommunikacij i rezul'tativnosti innovacionnyh proektov s pomoshch'yu analiza social'nyh setej // S.A. Titov. Cloud of Science. 2014. Т. 1. № 4 – s. 665-695.

2. The High Cost of Low Performance — The essential Role of Communication”, Project Management Institute, Pulse of the Profession In-Depth Report, May, 2013. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.pmi.org/business-solutions/~media/PDF/BusinessSolutions/The-High-Cost-Low-Performance-The-Essential-Role-of-Communications.ashx>

3. The High Cost of Low Performance — The essential Role of Communication”, Project Management Institute, Pulse of the Profession In-Depth Report, May, 2013. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.pmi.org/business-solutions/~media/PDF/BusinessSolutions/The-High-Cost-Low-Performance-The-Essential-Role-of-Communications.ashx>

4. Cross, R.; Prusak, L. The People Who Make Organizations Go—or Stop. June 2002 issue of Harvard Business Review. 2012. [Elektronnyj resurs]: <https://hbr.org/2002/06/the-people-who-make-organizations-go-or-stop>

5. Ballinger, G.; Craig, E.; Cross, R.; Gray, P. A Stitch in Time Saves Nine: Leveraging Networks to Reduce the Costs of Turnover. Calif. Manag. Rev. 2011, 53, 111–133.

6. Cross, R.; Rebele, R.; Grant, A. Collaborative Overload. Harv. Bus. Rev. 2016, 94, 74–79.

7. Durland, M.; Fredericks, K. An Introduction to Social Network Analysis. New Dir. Eval. 2006, 2005, 5–13.

8. Otte, E.; Rousseau, R. Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences. *J. Inf. Sci.* 2002, 28, 441–453.

9. Krackhardt D. and Hanson J.R. (1993) Informal networks: the company behind the charts. *Harvard Business Review*, 71, 104–11.

10. Pryke S.D. (2005) Towards a social network theory of project governance. *Construction Management and Economics*, 23, 927–39.

11. Chinowsky P., Diekmann J. and Galotti V. (2008) Social network model of construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134, 804.

12. Pekerikli M.K., Akinci B. and Karaesmen I. (2003) Modeling information dependencies in construction project network organizations. *Proceedings of the Fourth Joint International Symposium on Information Technology in civil Engineering*, Nashville, TN, USA, 15–16 November 2003, 1–13.

13. Ellmann S. (2008) Management of complex projects: invisible structures, coordination and recommendations for management. *Proceedings of the 22nd IPMA World Congress*, Rome, Italy, 9–11 November 2008, pp. 12–32.

14. Hossain L. (2009) Effect of organisational position and network centrality on project coordination. *International Journal of Project Management*, 27, 680–89.

15. Hossain L. and Wu A. (2009) Communications network centrality correlates to organisational coordination. *International Journal of Project Management*, 27, 795–811.

16. Dennis Lock, 2007. *Project Management*, 9th ed. Aldershot:Gower Publishing Limited. Latest edition *Project Management* from Amazon

17. Ralph L. Kliem, Irwin S. Ludin, Ken L. Robertson, 1997. *Project Management Methodology: A Practical Guide for the Next Millennium: A Practical Guide for the Next Millennium*, New York: CRC Press.

18. Ghosh S. et al. Enhance PMBOK® by Comparing it with P2M, ICB, PRINCE2, APM and Scrum Project Management Standards // *PM World Today*. 2012. T. 14. № 1. S. 1–77.

19. Crawford L., Pollack J. Hard and soft projects: a framework for analysis // *International Journal of Project Management*. 2004. T. 22. № 8. S. 645–653.

20. Kolosova E. V. Pokazateli osvoennogo ob"ema v upravlenii proektami // *Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov*. 2000. №2. S. 62–70.

21. Oleksienko YU. G. *Metody kontrolya ispolneniya proektov: avtoref. dis. kand.ekon. nauk: 08.00.05; GU VSHE. M., 2005. 19 s.*

22. *Upravlenie proektom. Osnovy proektnogo upravleniya : uchebnyk / kol. avt.; pod red. prof. M.L. Razu. M.: KNORUS, 2006. 768 s.*