



Aspetti di efficacia per la formazione di un sistema di trasporto e di controllo di processo nel settore delle macro costruzioni secondo il Supply Chain Management-SCM

Аспекты формирования эффективной транспортно-технологической системы управления цепочкой поставок ресурсов в строительном мега-производстве

Some aspects of efficacy for the formation of a transport system and of the process control in the macro-construction industry according to SCM

Moreno Ferrarese^{1*}, Sergey A. Sychev², Gennady M. Badin³

Moreno Ferrarese^{1*}

*Department of Economics, University of Verona, (Verona, Italy)
Faculty of Engineering, Roads and Transport Area, University E-Campus
(Novedrate, Italy)*

*The Hub, Research Center on Infrastructure and Transport Systems
(Verona, Italy)*

Sergey A. Sychev²

Faculty of civil Engineering, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE), (Saint-Petersburg, Russia)

Gennady M. Badin³

Faculty of civil Engineering, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE), (Saint-Petersburg, Russia)

Abstract

The construction sector and the construction yards will have to adapt changes in order to survive, and incorporating and applying production and new organizational techniques from other more advanced sectors such as transport and logistics management.

So, construction companies are optimizing their costs through application of lean production - lean construction - and a careful revision of the supply chain from the construction site. The supply chains in construction could be divided into two major groups as materials chain and the construction chain, which would help to separate the procurement and management operations.

** Corresponding author Moreno Ferrarese: moreno.ferrarese@univr.it, moreno.ferrarese@gmail.com*

In this context it should read this study: the need to reduce yards costs and time with a reduction of pollutants from whole construction site, to make the construction sector more competitive in the world scenario.

Finally, this paper seeks to introduce, according to the Decision Science, a new optimizing supply chain computational model for the yards construction sector.

Keywords: transportation yards technology, construction lean production, supply chain management, decision science

JEL: R41-D24-C23-C44-(O18-L91).

La colonna 1 è la traduzione italiana adattata dell'articolo originale in lingua russa

1. Lo start-up organizzativo e la tecnologica del sistema di trasporto da cantiere	1 Организационно-технологическая подготовка транспортной системы
---	---

Com'è noto, le operazioni di carico e scarico sono molto importanti nel complessivo processo di trasporto (e di movimentazione) per la costruzione di edifici e d'infrastrutture civili. La loro quota, nel costo totale di costruzione e di trasporto, risulta, mediamente, superiore al 60% [nda: nel sistema russo delle macro costruzioni].

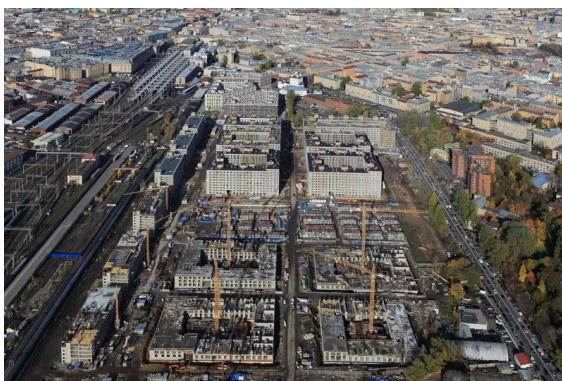


Figura 1. Sito di costruzione edile

Gli impianti e i magazzini per la fornitura di base di attrezzature per le imprese di costruzione, non sempre possiedono delle

Погрузочно-разгрузочные операции являются важными операциями транспортного процесса при строительстве зданий и сооружений, их доля в общих затратах строительного транспорта в среднем составляет более 60%. Заводы-поставщики и базы комплектации строительных организаций не всегда имеют оборудованные места для погрузки и разгрузки транспортных средств. На объектах иногда отсутствуют подъездные пути к местам погрузки-разгрузки или они имеют недостаточную ширину. С использованием автопоездов большой грузоподъемности с прицепами остро ощущается недостаток в подготовке подъездных путей и фронтов погрузки-разгрузки.

Стесненные условия строительства

postazioni per il carico e lo scarico dei veicoli attrezzati per le costruzioni.



Figura 2. Operazioni di carico-scarico in area attrezzata

I siti dove si costruisce, sono privi, talvolta, di rampe d'accesso ai luoghi di carico e scarico, oppure possiedono vie d'accesso non abbastanza ampie.

Organizzazione del Cantiere

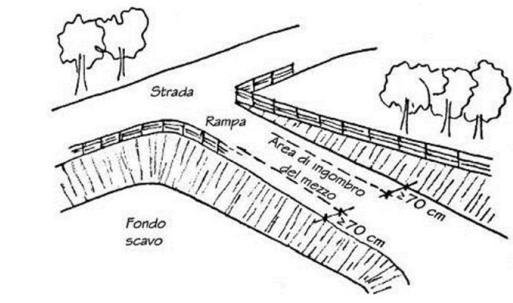


Figura 3. Progettazione delle rampe d'accesso al cantiere (da <http://www.entescuolaedilecosenza.it/wp-content/uploads/2013/01/Mariano-Bruno-Organizzazione-del-Cantiere-31-01-2013.pdf>)

Ad esempio, utilizzando dei veicoli con rimorchio di grande capacità di carico, si sente, spesso, la carenza di ponticelli

anche richiedono preparazione dei carichi, dei fronti di lavoro, della complessa meccanizzazione. Punti di preparazione dei carichi spesso non riescono a far fronte alle proprie compiti a causa del fatto che il fronte di lavoro ha dimensioni insufficienti e scarsa attrezzatura tecnica.

Utilizzo di mezzi di sollevamento carichi nella maggior parte dei magazzini per un periodo di tempo di 15-20%, e per la capacità di sollevamento - 30-50%. Fattoriale la durata di fermo dei mezzi di trasporto su strada per il carico e lo scarico supera i requisiti in media di due volte. Inefficienze di tempo, associate con l'attesa di esecuzione dei lavori di carico-scarico, costituiscono più del 36% del tempo di lavoro dei mezzi di trasporto su strada sulla linea. Dai risultati della formazione dei punti di partenza e dei trasporti, la tempestiva scarica dei carichi sulla costruzione dipende l'efficienza dell'uso del parco mobile e l'efficienza del lavoro delle squadre di lavoro.

Punto di preparazione dei carichi, la sua struttura può essere rappresentata in uno schema generale degli elementi strutturali, con i quali

passacarri o banchine per il caricamento frontale e lo scarico dei materiali.



Figura 4. Banchine per il carico dei ponteggi e attrezzature per l'edilizia

Certi spazi angusti che si vengono a creare sul terreno cantierabile richiedono pure la preparazione e la costruzione di piattaforme attrezzabili per l'esecuzione dei lavori in sito, con una loro meccanizzazione completa.

I punti di preparazione dei carichi, di sovente, non riescono ad adempiere efficacemente ai loro compiti poichè il campo di lavoro non è dotato di sufficienti dimensioni e non è tecnicamente equipaggiato.

являются:

1. фронт погрузки или количество постов для погрузки и разгрузки;
2. площади или объемы, на которых выполняются операции перемещения, пакетирования и контейнеризации грузов;
3. пути перемещения грузов.

Ритм работы погрузочного пункта R на заводе поставщика есть время, через которое отправляются один за другим загруженные автомобили. Он зависит от времени простоя автотранспорта под погрузкой t_n и числа постов погрузки N_n в пункте подготовки грузов:

$$R = \frac{t_n}{N_n} \quad (1)$$

Интервал движения J пробега автотранспорта те:

$$J = \frac{t_e}{A} \quad (2)$$

Где:

- A - количество единиц транспорта

Необходимость в определенном числе постов погрузки для обеспечения бесперебойной работы пунктов подготовки грузов рассчитывается по формуле:

$$N_n = \frac{t_n}{J} \eta_n \quad (3)$$



Figura 5. Dispositivo di sollevamento del carico nel cantiere

Il tempo d'uso dei dispositivi di sollevamento, con una capacità di carico mediamente del 30-50%, nella maggior parte dei magazzini risulta essere solamente del 15-20% del totale del tempo di lavorazione in cantiere.



Figura 6. Dispositivo di sollevamento per sollevamento di ponteggi

Где:

- η_n - коэффициент неравномерности прибытия автотранспортов на пост погрузки. Значение η_n зависит от уровня организации грузопотоков.

Для обеспечения синхронности работы подвижного состава и постов погрузки в пунктах подготовки грузов необходимо равенство между ритмами работы пункта и интервалом движения автотранспорта, то есть $J = R$, откуда и определяется необходимое количество единиц транспорта A :

$$A = \frac{N_n}{t_n} \left(\frac{l}{\beta V_T} + t_n + t_p \right) \quad (4)$$

Где:

- N_n - количество постов погрузки на складе поставщика или базы комплектации;
- L - расстояние перевозок, км;
- β - коэффициент использования пробега за езду;
- V_T - техническая скорость, кмч;
- t_n - время простоя транспорта при загрузке, ч;
- t_p - время простоя транспорта при разгрузке, ч.

I tempi d'inattività effettivi dei veicoli per il carico e lo scarico dei materiali da cantiere supera mediamente due volte i tempi dettati dalla normativa vigente per il cantiere.



Figura 7. Dispositivo per la presa di pietre

I tempi di fermo macchina, associati con l'attesa per le operazioni di carico e scarico, rappresentano circa il 36% del tempo totale di funzionamento dei veicoli sulla linea di produzione edile.



Figura 8. Autocarro da oltre 35 q.li per il carico di attrezzature da cantiere

I risultati di formazione dei “kit di carico e di trasporto”, come pure la spedizione in

Количество погрузочно-разгрузочных механизмов на пункте подготовки грузов, исходя из их производительности и уровня использования определяется по формуле:

$$N_M = \frac{G_c^i}{T^k Q^k (1 - k_M) k_n} \quad (5)$$

Где:

- G_c^i - суточный сменный объем перевозки i - го вида материалов и изделий, т;
- T^k - продолжительность работы k - го механизма в течение суток смены, ч;
- Q^k - техническая производительность механизма, т/ч;
- K_M - коэффициент стабильности, отражающий удельный вес времени движения механизмов между пунктами погрузки и разгрузки в общем рабочем времени:

$$K_M = \frac{T_{ДВ}^k}{T_H^k} \quad (6)$$

Где:

- $T_{ДВ}^k$ общее время, затрачиваемое транспортом на переезды, ч;

tempo reale dei carichi per i cantieri, dipendono dall'efficienza nell'utilizzo del materiale rotabile e dall'efficienza nel lavoro delle cosiddette “brigade (umane) di costruzione”.



Figura 9. Autocarro da trasporto edile dalle cave di prestito al cantiere



Figura 10. Cava di prestito per ghiaia da cantiere

L'analisi della struttura del sito di allestimento dei carichi può essere rappresentata in uno schema generale di elementi formali-strutturali, come:

1. il caricamento frontale e/o il numero di postazioni per il carico e lo scarico;
2. le aree o i volumi ove si eseguono

- T_H^k - время нахождения транспорта в наряде, ч;
- K_N - коэффициент эффективности погрузочно-разгрузочных работ:

$$K_N = \frac{T_{np}^k}{T_H^k - T_{дв}^k} \leq 1 \quad (7)$$

Где:

- T_{np}^k - общее время, затрачиваемое механизмом непосредственно на погрузку, ч.

Направление грузопотока в пункте подготовке грузов влияет на выбор средств механизации, интенсивность подготовки груза, пропускную способность пункта и производительность погрузочно-разгрузочных машин. Минимальные затраты времени на загрузку автотранспортных средств:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^n x_{il} t_{il} \rightarrow \min \quad (8)$$

Где:

- l - расстояние от места складирования до места погрузки $l=1,2, 3...n$;
- n - число площадок
- X_{il} - количество i - го вида изделий, перемещаемое на расстояние L до места погрузки

l'intero movimento e le operazioni d'imballaggio e di containerizzazione;

3. la via di trasferimento dei carichi.

Il ritmo di lavoro delle postazioni di carico R nell'impianto del fornitore (di carichi da cantiere) è la risultante del tempo di trasmissione - a frequenza modulata - delle macchine da movimento caricate. Essa dipende dal tempo d'inattività t_n dei veicoli durante il carico e dal numero di postazioni di carico N_n nelle piattaforme di preparazione dello stesso, secondo l'espressione:

$$R = \frac{t_n}{N_n} \quad (1)$$

L'intervallo di movimento J della corsa del veicolo t_e è dato da:

$$J = \frac{t_e}{A} \quad (2)$$

Dove:

- A - numero di unità (dette anche "articoli") di trasporto

La necessità di definire un adeguato numero di postazioni di carico, al fine di garantire un buon funzionamento di questi punti di preparazione, viene calcolato da:

$$N_n = \frac{t_n}{J} \eta_n \quad (3)$$

Dove:

- η_n - il coefficiente d'irregolarità

$i=1, 2, \dots, m, m^3$;

- t_{il} - время, необходимое для перемещения 1 т (куб.м) изделий на расстояние 1 км.

Производительность каждого транспорта, занятого перевозкой железобетонных изделий, как показывает практика, может быть увеличена на 12% за счет ускорения загрузки при рациональном размещении изделий на складах заводов поставщиков. И это позволяет обойтись меньшим количеством средств подвижного состава для доставки одного и того же груза.

2 Оптимизация схем комплектации и загрузки специализированных транспортных средств

Рассмотрим 5 вариантов комплектации и доставки грузов от поставщиков на строительную площадку (табл.1).

Вариант I. Материалы от поставщиков Π следуют в базу B , а из комплекточной базы B поступают на приобъектный склад C , а оттуда на объект "О" трехзвенный грузопоток.

Вариант II. Материалы с центральной базы комплектации направляются непосредственно на рабочее место (контейнерные перевозки). $B \rightarrow O$.

d'arrivo dei veicoli in posizione di carico. Il valore η_n dipende dal livello di organizzazione dei flussi di carico.

Per garantire un funzionamento sincronizzato tra il trasferimento del materiale rotabile e i tempi di lavoro nelle postazioni relative alle aree d'allestimento del carico, si deve uguagliare la frequenza del lavoro delle stesse postazioni e gli intervalli di movimento dei veicoli, cioè, $J = R$, da cui potrà essere determinato il numero necessario di unità di trasporto A , cioè:

$$A = \frac{N_n}{t_n} \left(\frac{l}{\beta V_T} + t_n + t_p \right) \quad (4)$$

Dove:

- N_n - numero di postazioni di carico nel magazzino o nella base dei fornitori;
- l – distanza del trasporto in km;
- β il coefficiente dell'utilizzo del percorso - two ways;
- V_T - velocità tecnica in km/h;
- t_n - tempi d'inattività di trasporto durante il carico, in ore, h;
- t_p - tempo d'inattività del trasporto durante lo scarico, in ore, h.

Il numero di automatismi di carico e scarico nelle postazioni di preparazione dei carichi, secondo le capacità, le produttività e il livello d'uso, è

Вариант III. Поставщики направляют материальные ресурсы на центральную базу и опорные пункты комплектации. Оттуда они поступают на приобъектные склады, а потом на рабочее место.

Вариант IV. Материальные ресурсы от поставщика через базы или опорные пункты комплектации поступают на рабочее место.

Вариант V. Ресурсы направляются транзитом от поставщика на рабочее место строительных бригад.

Таблица 1. Выбор оптимальных типов транспортных средств и грузоподъемных механизмов, занятых в транспортном процессе.

Варианты	Схемы	Обозначения
I	$\text{П} \rightarrow \text{Б} \rightarrow \text{С} \rightarrow \text{О}$	П - поставщики
II	$\text{Б} \rightarrow \text{О}$	Б комплекточная база
III	$\text{П} \rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{Б} \\ \text{К} \end{array} \right] \rightarrow \text{С} \rightarrow \text{О}$	С – склад приобъектный
IV	$\text{П} \rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{Б} \\ \text{К} \end{array} \right] \rightarrow \text{О}$	К – опорные пункты
V	$\text{П} \rightarrow \text{О}$	О – объект

Транспортный процесс представляется как сложная динамическая система, имеющая несколько фаз, для которых производится расчет наиболее выгодных вариантов технической

determinato dalla formula:

$$N_M = \frac{G_c^i}{T^k Q^k (1 - k_M) k_n} \quad (5)$$

Dove:

- G_c^i - volume di traffico quotidiano o di sostituzione dell'iesimo tipo di materiale e prodotto, espresso in tonnellate;
- T^k - la durata del lavoro di un k-esimo macchinario, per giorno, turno, ora;
- Q^k - output tecnico del macchinario in tonnellate/ora, h;
- K_M - coefficiente di stabilità, che riflette il peso specifico di tempo del movimento del macchinario tra le postazioni di carico e scarico nel tempo di lavoro totale, secondo l'espressione:

$$K_M = \frac{T_{DB}^k}{T_H^k} \quad (6)$$

Dove:

- T_{DB}^k - tempo totale speso per i trasferimenti del carico, in ore h;
- T_H^k - tempo trascorso dal veicolo durante il turno, in ore h;
- K_N - coefficiente d'efficienza delle operazioni di carico e scarico, che viene dato da:

оснащенности в каждой фазе. На основе выбранных вариантов рациональных транспортно-технологических схем в каждой фазе транспортного процесса определяется оптимальный и все близкие к нему варианты технической оснащённости транспортного процесса в целом.

Для выявления и изучения таких вариантов наиболее эффективным является технологический граф. Вершинами графа X_{ij} являются элементы множества факторов, характеризующих условия строительства объектов. Из этого множества выделяется некоторое конечное число подмножеств, соответствующих категориям одинаковой природы:

- объемно-планировочные и конструктивные решения зданий;
- тип грузоподъемных механизмов;
- количество грузоподъемных механизмов;
- тип транспортных средств и др.

Каждое подмножество характеризуется его содержанием:

$$X_i = \{ X_{ij} \}. \quad j = 1 - n;$$

Где:

$$K_N = \frac{T_{np}^k}{T_H^k - T_{DB}^k} \leq 1 \quad (7)$$

Dove:

- T_{np}^k - tempo totale speso direttamente sul processo di caricamento, in ore h.

Il senso di circolazione e il turnover del carico nelle postazioni di preparazione del carico stesso influenza la scelta dei mezzi di meccanizzazione, come pure l'intensità di preparazione del carico, la capacità e le prestazioni delle macchine nelle postazioni di carico e scarico.

Così, il tempo minimo richiesto per il carico dei veicoli è dato da:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^n x_{il} t_{il} \rightarrow \min \quad (8)$$

Dove:

- l - distanza dal luogo di stoccaggio al luogo di carico, con $l = 1, 2, 3, \dots, n$;
- n - il numero di siti
- X_{il} - numero del i -esimo tipo di carico/prodotto, che si sposta alla distanza l fino al luogo di carico $i = 1, 2, \dots, m$, in m^3 ;
- t_{il} - tempo necessario per spostare 1 tonnellata di prodotti alla distanza di l km.

Le capacità di prestazione di ogni veicolo

- i – номер подмножества;
- j - номер элементов в подмножестве;
- n - количество элементов в i -ом подмножестве.

Соединяя по одному элементу из каждого подмножества, получаем на графе технологическую схему транспортного процесса во взаимоувязке со строительными работами по внедрению объектов. Среди технологических схем, формируемых на графе, имеются такие, которые нецелесообразны в своем исполнении, и они могут быть исключены из рассмотрения. Составляется матрица совместимости, с помощью которой производится выбор допустимых вариантов технологических схем транспортирования грузов на рассматриваемую стройку.

Граф содержит количество строк, равное числу вершин без учета вершин последнего подмножества. В основу алгоритма положено правило построения методом ветвления путей. Выбранные пути определяют допустимые технологические схемы, которые затем могут рассмотрены для выбора наиболее оптимального варианта.

adibito al trasporto dei prodotti da cantiere può essere aumentata del 12% per accelerazione del carico, quando viene garantita una logistica di distribuzione razionale dei prodotti nei magazzini o presso le fabbriche dei fornitori. Ciò consente di avere meno traffico veicolare sulla strada per la consegna del carico stesso.

2 Ottimizzazione delle schede di attrezzaggio e di carico dei veicoli di trasporto specializzati

Vengono considerate cinque opzioni per la configurazione e la consegna dei carichi provenienti dai fornitori al cantiere (vedi Tabella 1).

Tabella 1. Scheda ottimale dei tipi di veicoli e di macchinario da sollevamento coinvolti nel processo di trasporto.

Varianti	Schedi	Denominazioni
I	$\Pi \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow O$	Π - fornitori
II	$B \rightarrow O$	B - base logistica di primo livello (del fornitore)
III	$\Pi \rightarrow \left[\begin{array}{c} B \\ K \end{array} \right] \rightarrow C \rightarrow O$	C - magazzino presso il cantiere
IV	$\Pi \rightarrow \left[\begin{array}{c} B \\ K \end{array} \right] \rightarrow O$	K - punti intermedi d'appoggio per scarico e carico
V	$\Pi \rightarrow O$	O - sito del lavoro, cantiere

Opzione I. I materiali, dai fornitori Π giungono nella base B e quanto raccolto

Математическая формулировка задачи заключается в нахождении минимума функции:

$$\sum_{i=1}^n \Pi_{ij\varphi\omega} x_{ij\varphi\omega}^k \rightarrow \min \quad (9)$$

При условиях:

$$\sum_{i=1}^n A_{ij\varphi\omega}^p x_{ij\varphi\omega}^k = A_{ij\varphi\omega}^k; x_{ij\varphi\omega} \geq 0 \quad (10)$$

Где:

- $\Pi_{ij\varphi\omega}$ - приведенные затраты на доставку одного рейсового комплекта j-х конструкций i-ми транспортными средствами на строительство φ -го объекта от ω -го завода поставщика, шт.;
- $x_{ij\varphi\omega}$ - искомое количество рейсов i-х автотранспортных средств для доставки k-ой партии или комплекта j-х конструкций на строительство φ -го объекта от ω -го завода поставщика, шт.;
- $A_{ij\varphi\omega}^k$ - количество j-х конструкций в k-ой партии, доставляемой на строительство φ -го объекта от ω -го завода поставщика, шт.

Установленные в результате решения

della base B arriva al magazzino in loco vicino al cantiere C e da lì giunge al sito di cantiere O (in tre-tappe con turnover dei carichi).

Opzione II. I materiali, da una base di configurazione centrale, vengono inviati direttamente alla postazione di lavoro (trasferimento tramite containers). B --- O.

Opzione III. I fornitori П possono dirigere le risorse materiali su una base centrale B e sui punti intermedi di controllo e d'attrezzatura K. Di lì raggiungono il sito di stoccaggio C e quindi, il posto di lavoro O.

Opzione IV. Le risorse materiali, dal fornitore П, attraverso delle base intermedie Б o postazioni d'attrezzatura K giungono sul posto di lavoro-cantiere O.

Opzione V. Risorse inviate in transito dal fornitore П al cantiere-luogo di lavoro O delle brigate di costruzione.

Il processo di trasporto da e per il cantiere, come anticipato nella tabella 1, si presenta come un sistema dinamico complesso con diverse fasi, per cui si rende necessario calcolare le varianti più profittevoli suddivise per fasi per le attrezzature tecniche. In funzione delle opzioni razionali selezionate nelle schede "trasporto dei tecnologici" - in ogni fase del processo di trasporto - viene determinata l'opzione migliore e tutte

задачи, оптимальные автотранспортные средства и транспортно-технологические комплексы используются в качестве исходных при определении структуры парка транспортных средств и грузоподъемных механизмов.

Транспортный процесс рассматривается как сложная система с определенными фазами состояния W . Совокупность возможных вариантов поступления материалов, изделий или конструкций на склад поставщика называется областью начальных состояний W_H .

Для любого W_i состояния системы в каждой i -ой фазе имеются решения $U(V_{i-1}, V_i)$, посредством которых система переходит из состояния W_{i-1} , достигнутого в результате выполнения $i-1$ -ой фазы в новое состояние:

$$W_i = W_i [W_i; U(V_{i-1}, V_i)] \quad (11)$$

Задача заключается в том, что бы определить рациональное сочетание технических средств, учитывая взаимосвязь $i-1$ -ой и i -ой фаз. Требуется для каждого из способов доставки грузов W_i выбрать варианты технического оснащения пунктов подготовки грузов V_1, V_2 .

Преимуществом изложенной выше методики является то, что она позволяет учитывать состояние грузов

quelle opzioni di “attrezzature tecniche” и комплектность доставки материалов del processo di trasporto nel suo complesso. на стройки.

Per identificare e studiare queste opzioni nel modo più efficace si usa il cosiddetto “grafico tecnologico”.

I vertici del grafico X_{ij} sono costituiti dagli elementi multi fattoriali che caratterizzano le condizioni del cantiere. A questo insieme multi fattoriale è assegnato un numero finito di sottoinsiemi di categorie rilevanti della stessa natura, come:

- una soluzione, per volumi e complessità degli edifici in costruzione;
- il tipo di dispositivi di sollevamento;
- il numero di apparecchi di sollevamento;
- il tipo di veicoli e altro necessario.

Ogni sottoinsieme è caratterizzato dal contenuto $X_i = \{ X_{ij} \}$. $j = 1 \dots n$;

Dove:

- i - numero dei sottoinsiemi;
- j - numero di elementi nel sottoinsieme;
- n - numero di elementi nel i -esimo sottoinsieme.

Combinando ogni elemento preso da ciascun sottoinsieme, si ottiene il grafico di flusso tecnologico del processo di trasporto, nelle interconnessioni con i

Интенсивность подачи автомобилей под загрузку $U_i(t)$ и интенсивность загрузки $M_i(t+T_{3i})$ во временной интервал подачи транспортных средств $T_{Mi}(t)$ и обслуживания их грузоподъемными механизмами в моменты прибытия в пункты подготовки грузов $(t+T_{3i})$. Условие согласованной работы i -го погрузочного механизма и транспортных средств в интервале времени $0 < t < T$ может быть записано в следующем виде:

$$[U_i(t_0 = 1/T_{Mi}(t))] = [\mu_i(t+\tau_{3i}) = 1/T_{ni}(t+\tau_{3i})] \quad (12)$$

Где:

- T_{3i} - запаздывание транспортных средств под загрузку
- $T_{ni}(t+\tau_{3i})$ - продолжительность загрузки транспортных средств.

Критерий, оценивающий несогласованность $N(t)$ совместной работы погрузочно-разгрузочного оборудования и транспортных средств в интервале времени $(0, \tau)$ который стремится к минимуму и является в

lavori di costruzione per la realizzazione di progetti.

Tra i diagrammi di flusso aggiuntivi sul grafico, si formano anche quelli che rendono inopportuna l'esecuzione dei lavori stessi. Si ottiene, così, una matrice di compatibilità con la scelta delle possibili varianti di schema tecnologico di trasporto dei carichi verso un determinato cantiere.

Il grafico ottenibile includerà il numero di righe pari al numero dei vertici, escludendone l'ultimo sottoinsieme. L'algoritmo ottenibile presuppone di costruire una regola standardizzata per la ramificazione dei percorsi, laddove il percorso selezionato determina i diagrammi di flusso logistico ammissibili, che possono, in seguito, venire considerati per selezionare la variante più ottimale.

La formulazione matematica del problema presuppone di ricercare almeno una funzione del tipo:

$$\sum_{i=1}^n \Pi_{ij\varphi\omega} x_{ij\varphi\omega}^k \rightarrow \min \quad (9)$$

Con le restrizioni:

$$\sum_{i=1}^n A_{ij\varphi\omega}^p x_{ij\varphi\omega}^k = A_{ij\varphi\omega}^k; x_{ij\varphi\omega} \geq 0 \quad (10)$$

Dove:

- $\Pi_{ij\varphi\omega}$ - costo fisso del

данном случае условием оптимизации:

$$W[U_1(t), U_2(t), \dots, U_3(t)] = W\left[\frac{1}{T_{M_1}(t)}, \frac{1}{T_{M_2}(t)}, \dots, \frac{1}{T_{M_3}(t)}\right] \quad (13)$$

$$N(t) = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{s(t)} \left| \frac{1}{T_{M_i}(t)} - \frac{1}{T_{n_i}(t + \tau_{3i})} \right| dt \rightarrow \min \quad (14)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^{s(t)} \tau_{об}(t + \tau_{3i}) \frac{1}{T_{M_i}(t)} = m(t), i=1, 2, \dots, s(t) \quad (15)$$

$$\frac{1}{T_{M_{i\max}}(t)} \leq \frac{1}{T_{M_i}(t)} \leq \frac{1}{T_{M_{i\min}}(t)} \quad (16)$$

Где:

- $\tau_{об}(t + \tau_{3i})$ - время оборота транспортных средств;
- $m(t)$ - количество транспортных средств, участвующих в рассматриваемом транспортном процессе;

Расчеты по выбору рационального технического процесса при доставке грузов на стройки показали, что за счет правильного технического процесса во всех его фазах при совместной работе погрузочно-разгрузочного оборудования и транспортных средств возможно сокращение транспортных расходов в среднем на 12-16%, а простоев

viaggio di consegna del j-esimo materiale da costruzione tramite il l'i-esimo veicolo al cantiere del φ -esimo oggetto di costruzione dal ω -esimo fornitore;

- $x_{i j \varphi \omega}$ - numero dei passaggi dell'i-esimo veicolo per la consegna del k-esimo kit di materiale e il j-esimo insieme di "disegni" per la costruzione dell'oggetto al cantiere del φ -esimo oggetto di costruzione dal ω -esimo fornitore ;

- $A_{i j \varphi \omega}^k$ - numero del j-esimo prodotto da costruzione entro il k-lotto, consegnato al φ -esimo edificio/oggetto di costruzione (come sottoinsieme) del sito da costruzione dal ω -esimo fornitore.

La risoluzione delle equazioni precedenti consente di risolvere il problema secondo l'ottica della macro supply chain, per determinare il complesso del trasporto tecnologico (inteso come ingresso e volume del parco dei veicoli e il macchinario di sollevamento necessari).

I processi di trasporto e di logistica vengono visti come un sistema complesso con alcune fasi descritte dallo "stato di natura" W .

costruttive бригад на 8%.

3 Закономерности транспортно-технологических процессов при реализации технологических схем поставок строительных грузов

Перемещение грузов от поставщиков на стройку в результате движения автотранспортных средств соответствует некоторая минимально необходимая величина грузопотока $Q_{\min}$. В процессе реализации грузопотока выполняется фактический грузопоток Q_{ϕ} .

Насколько рационален принятый вариант грузопотока можно судить по отношению этих грузопотоков η_Q :

$$\eta_Q = Q_{\min} / Q_{\phi} ; \quad 0 \leq \eta_Q \leq 1 \quad (17)$$

Каждому варианту грузопотока соответствует минимальная транспортная мощность $P_{\min}$, которая при реализации фактического грузопотока выражается фактической мощностью P_{ϕ} , находящейся с $P_{\min}$ в определенном отношении η_M :

$$\eta_M = P_{\min} / P_{\phi} ; \quad 0 \leq \eta_M \leq 1 \quad (18)$$

По произведению η_Q и η_M может быть получен показатель экстремальности

La serie di opzioni possibili per la ricezione dei materiali, dei prodotti e manufatti dal magazzino fornitore viene denominato “dominio degli stati iniziali” W_H .

Assioma 1: Per qualsiasi stato W_i del sistema, in ogni i-esima fase, si ritrovano soluzioni $U(V_{i-1}, V_i)$, attraverso le quali il sistema passa allo stato di W_{i-1} , ottenuto a seguito della i-esima prima fase di un nuovo stato:

$$W_i = W_i [W_i; U(V_{i-1}, V_i)] \quad (11)$$

La determinazione della combinazione razionale dei mezzi tecnici, viene dato il rapporto tra la i-1 fase e la i-esima fase.

È, quindi, necessario, per ciascuno dei metodi di consegna della merce W_i , scegliere le corrette opzioni relative alle attrezzature tecniche nei punti di preparazione dei carichi V_1, V_2 .

Il vantaggio della metodologia sopra rappresentata consente di prendere in considerazione le condizioni dei carichi e la consegna completa dei materiali ai cantieri secondo la SCM.

Assioma 2: data l'intensità di portata dei veicoli sottoposti al carico $U_i(t)$ e l'intensità di carico dell'offerta [NdA: di carico] $M_i(t+T_{3i})$ nell'intervallo di

esecuzione del trasporto processo e coefficiente di utilizzo della potenza del mobile.

Condizione di realizzazione del trasporto processo si esprime nel seguente modo:

$$Q_\phi = P_\phi \cdot K_T \cdot T_H = P_{\min} \cdot K_{T_{\max}} \cdot T_H \quad (19)$$

Делает:

- $K_T, K_{T_{\max}}$ - среднее арифметическое и максимальные коэффициенты использования мощности подвижного состава $0 < K_T < 1$;
- T_H - время нахождения автомобиля в работе.

Данные методические указания могут быть использованы при выборе оптимального состава транспортно-технологических комплексов машин и механизмов, участвующих в транспортном процессе по доставке комплектов материалов и изделий на стройки.

4 Анализ взаимосвязи транспортного процесса с конструктивными и организационно-технологическими решениями

portata dei veicoli $T_{M_i}(t)$ (timeslot dei veicoli) e i loro servizi ai mezzi (dagli apparecchi di sollevamento nei momenti di arrivo ai carichi già stoccati), $(t+T_{3i})$, la condizione di lavoro coordinato dell' i -esimo macchinario di caricamento e dei mezzi di trasporto nell'intervallo di tempo $0 < t < T$ può essere scritta come segue:

$$[U_i(t_0 = 1/T_{M_i}(t))] = [\mu_i(t + \tau_{3i}) = 1/T_{ni}(t + \tau_{3i})] \quad (12)$$

Dove:

- τ_{3i} - ritardo dei veicoli per il carico
- $T_{ni}(t + \tau_{3i})$ - tempo di carico dei veicoli.

Il criterio di valutazione dell'incoerenza $N(t)$ nella collaborazione tra le varie attrezzature di movimentazione per il carico e scarico e veicoli nell'intervallo di tempo $(0, \tau)$ che tende al minimo, è la condizione di ottimizzazione data da:

$$W[U_1(t), U_2(t), \dots, U_3(t)] = W\left[\frac{1}{T_{M_1}(t)}, \frac{1}{T_{M_2}(t)}, \dots, \frac{1}{T_{M_3}(t)}\right] \quad (13)$$

$$N(t) = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{s(t)} \left| \frac{1}{T_{M_i}(t)} - \frac{1}{T_{ni}(t + \tau_{3i})} \right| dt \rightarrow \min \quad (14)$$

con le restrizioni:

$$\sum_{i=1}^{s(t)} \tau_{oi}(t + \tau_{3i}) \frac{1}{T_{M_i}(t)} = m(t), \quad i=1, 2, \dots, s(t)$$

строительства объектов индустриальными методами

Анализируя взаимосвязь транспортного и строительного процессов для массового индустриального строительства можно отметить следующие способы реализации связей: последовательное, совмещенное и одновременное.

В I случае связь транспортного и строительного процессов можно выразить следующими формулами:

$$t_j^H = t_i^H + T_i \text{ или } \tau_{ij} = T_i; \quad (20)$$

$$t_j^H = t_i^H + T_i + \Delta T \text{ или } \tau_{ij} = T_i + \Delta T \quad (21)$$

Где:

- t_j^H, t_i^H - соответственно, моменты начала транспортного i -го и
- T_i - продолжительность выполнения транспортного процесса;
- τ_{ij} - величина организованного перерыва между началами транспортного и строительного процессов;
- ΔT - величина перерыва между окончанием транспортного и началом строительного процесса.

$$\frac{1}{T_{M_{i \max}}(t)} \leq \frac{1}{T_{M_i}(t)} \leq \frac{1}{T_{M_{i \min}}(t)} \quad (15)$$

$$(16)$$

Dove:

- $\tau_{ob}(t + \tau_{3i})$ - tempo di turnover di veicoli a motore;
- $m(t)$ - numero di veicoli che stanno partecipando a ciascun processo di trasporto;

I calcoli eseguibili sulla scelta razionale del processo tecnico nella consegna dei carichi ai cantieri secondo la macro supply chain dimostrano che un corretto processo tecnico espresso in tutte le fasi di collaborazione tra le attrezzature per la movimentazione di carichi e i veicoli si possono ridurre i costi di trasporto in media del 12-16% e, sui tempi d'arresto delle brigate da costruzione, fino all'8%.

3. Leggi dei processi tecnologici di trasporto per l'attuazione di una macro supply chain di fornitura dei materiali edili

Lo spostamento di carichi dai fornitori al cantiere, a partire dal primo movimento dei veicoli, corrisponde ad una minima richiesta di una quantità di traffico pari a $Q_{\min}$. Nel processo d'attuazione del traffico dei carichi viene riscontrato un

При последовательном выполнении транспортного и строительного процессов организационная их взаимосвязь реализуется в процессе комплектации объектов путем определения величины опережения завоза материалов и изделий на стройки τ_{ij} , зависящей от методов строительства объектов, дорожно-транспортных условий и способов доставки.

Наибольшее распространение в строительстве нашел способ совмещенного выполнения транспортного и строительного процессов. В этом случае доставка грузов производится с опережением начала их монтажа.

В случае совмещенного выполнения процессов величина опережения $\tau_{ij} \rightarrow 0$ и они объединены в единый транспортно-монтажный процесс, работа выполняется по единому транспортно-монтажному графику.

Увязка заключается в нахождении величины организационного перерыва между началами выполнения транспортного и строительно-монтажного процессов τ_{ij} , после которого строительный процесс при заданной интенсивности потребления

effettivo flusso logistico pari a Q_ϕ .

Assioma 3: ogni opzione, razionalmente adottata dal pianificatore, per la determinazione di un coefficiente di traffico ottimizzato da e per il cantiere, può essere rappresentata dai flussi di carico η_Q come:

$$\eta_Q = Q_{\min} / Q_\phi ; \quad 0 \leq \eta_Q \leq 1 \quad (17)$$

Assioma 4: l'opzione - per ogni flusso di carico - corrisponde alla capacità di trasporto del carico minimo $P_{\min}$, che, con l'attivazione del traffico effettivo da cantiere viene espresso come capacità effettiva P_ϕ , determinando così il coefficiente η_M :

$$\eta_M = P_{\min} / P_\phi ; \quad 0 \leq \eta_M \leq 1 \quad (18)$$

Assioma 5: la produttività relativa, espressa attraverso l'attuazione delle performances del processo di trasporto e di utilizzazione della capacità del materiale rotabile, si ottiene moltiplicando i coefficienti η_Q e η_M .

Assioma 6: il condizionamento di attuazione del processo di trasporto viene espresso come:

materiali q_j , будет выполняться непрерывно при необходимом запасе материалов на строительной площадке в каждый рассматриваемый момент Δt . q_{ij} - размер запаса материалов и изделий. Результатом расчета является выявление минимально необходимого значения l_{ij} .

Интенсивность потребления материалов и изделий и продолжительность процессов связаны отношением:

$$T = Q / q \quad (22)$$

Где:

- T - продолжительность процесса, смены;
- Q - объем укладки доставки материалов и изделий, т;
- q - интенсивность укладки доставки в смену, т.

За время τ_{ij} в результате выполнения транспортного процесса будет выполнен объем работ, равный $q_i \tau_{ij}$, а по i -му процессу - 0. За время Δt объем поставки будет равен $q_i \Delta t$, а объем укладки $q_j \Delta t$.

При различной интенсивности

$$Q_{\phi} = P_{\phi} \cdot K_T \cdot T_H = P_{\min} \cdot K_{T_{MAX}} \cdot T_H \quad (19)$$

Dove:

- K_T , $K_{T_{MAX}}$ - coefficiente di media aritmetica e coefficiente massimo di utilizzo della capacità disponibili a rotazione, $0 < K_T < 1$;
- T_H - tempo trascorso dal veicolo nel proprio lavoro meccanico.

Queste linee guida possono essere utilizzate quando si seleziona una composizione ottimale di sistemi tecnologici di trasporto per le macchine e i macchinari coinvolti nel processo di trasporto per la consegna dei “kit di materiali” e prodotti al cantiere di costruzione.

4. Analisi del rapporto tra il processo di trasporto e le soluzioni organizzative e tecnologiche di macro costruzione, usando la supply chain con metodologie industriali (macro SCM)

Analizzando, secondo metodologia, il rapporto tra i processi di trasporto e quelli di costruzione (per l'edilizia industriale di massa) secondo la formulazione della macro supply chain, si evidenzia un loro collegamento di tipo sequenziale e combinato (esiste anche il tipo simultaneo che non viene qui descritto).

Nel metodo sequenziale il collegamento

esecuzione dei processi di trasporto e di costruzione possono essere descritti dalle seguenti equazioni di relazione che possono essere scritte nel seguente modo:

I caso: $T_i < T_j$;

$$\tau_{ij} = q_{ij} / q_i \quad (23)$$

II caso: $T_i > T_j$;

$$\tau_{ij} = q_{ij} Q_j / q_i Q_i + (T_i - T_j) \quad (24)$$

III caso: $T_i \leq T_j$;

$$\tau_{ij} = q_{ij} Q_j / q_i Q_i \quad (25)$$

La metodologia proposta consente di pianificare in modo più efficace i tempi di inizio e di fine dei lavori di costruzione e di trasporto, nonché di ottimizzare i costi di gestione della supply chain. In particolare, la metodologia consente di pianificare i tempi di inizio e di fine dei lavori di costruzione e di trasporto, nonché di ottimizzare i costi di gestione della supply chain. In particolare, la metodologia consente di pianificare i tempi di inizio e di fine dei lavori di costruzione e di trasporto, nonché di ottimizzare i costi di gestione della supply chain.

La metodologia proposta consente di pianificare in modo più efficace i tempi di inizio e di fine dei lavori di costruzione e di trasporto, nonché di ottimizzare i costi di gestione della supply chain. In particolare, la metodologia consente di pianificare i tempi di inizio e di fine dei lavori di costruzione e di trasporto, nonché di ottimizzare i costi di gestione della supply chain.

tra i vari processi dell'edilizia può essere espresso con le seguenti equazioni:

$$t_j^H = t_i^H + T_i \text{ oppure } \tau_{ij} = T_i \quad (20)$$

$$t_j^H = t_i^H + T_i + \Delta T \text{ oppure } \tau_{ij} = T_i + \Delta T \quad (21)$$

Dove:

- t_j^H, t_i^H - rispettivamente il momenti d'avvio del i-esimo processo di trasporto e del j-esimo processo di costruzione;
- T_i - durata del processo di trasporto;
- τ_{ij} - valore di un'interruzione organizzativa tra l'inizio dei processi di trasporto e di costruzione;
- ΔT - valore della pausa tra la fine del processo di trasporto e l'inizio del processo di costruzione.

Durante l'esecuzione sequenziale del processo di trasporto e di costruzione, il rapporto organizzativo dipende dalla serie delle attrezzature complete per il cantiere da allestire, dovendone determinare il valore del tempo nell'avanzamento dell'erogazione dei materiali e dei prodotti da costruzione τ_{ij} , secondo le modalità dei progetti di costruzione, le condizioni del traffico tra i siti e i metodi di consegna. Ma il più diffuso macro metodo di

na efficacia del costruttore del
produzione.

5 Математическое моделирование эффективной логистической схемы

Растущая сложность и динамизм цепочек поставок требует более современных решений информационных технологий. Математический анализ транспортно-технологических процессов указывает на достаточно высокую энтропийность данных логистических систем и позволяет выявлять методы ее снижения в целях оптимизации и увеличения доходности процесса.

Важнейшей работой по началу использованию теории энтропии при анализе территории стали публикации Уилсона (Wilson, 1969).

Индекс энтропии для Уилсона представляет собой меру вероятности существования О-D матрицы, в которой распределение потоков логистической системы в различных точках является равновероятным между теми же точками, и, в контексте анализа цепочки поставок в производственной схеме этот индекс указывает наиболее вероятное логистическое распределение.

costruzione e di trasporto è attualmente quello combinato. In questo caso, la consegna dei carichi viene effettuata prima dell'inizio dell'installazione e del montaggio delle prime impalcature.

Nel caso di processi di costruzione e trasporto combinati, i precedenti valori distinti d'avanzamento del processo di attuazione $\tau_{ij} \rightarrow 0$ sono unificati in un unico processo di trasporto e d'installazione, attraverso l'utilizzo di un algoritmo che integra trasporto e installazione.

Per ottenere un collegamento ottimale tra i citati processi occorre ricercare il valore della pausa organizzativa tra l'inizio dei processi di trasporto, di costruzione e d'installazione τ_{ij} , dopo che il processo di costruzione, con una data intensità di consumo di materiali q_j , verrà eseguito con i materiali di riserva necessari al cantiere in un dato momento Δt , con un termine q_{ij} - estensione di q_j - dato dalla dimensione dello stock di materiali e prodotti (il risultato del calcolo sarà quello d'individuare un valore minimo).

Assioma 7: l'intensità del consumo di materiali e prodotti e la durata dei processi sono legati dall'equazione:

Principio entropii используется для определения, по наиболее вероятной конфигурации потоков поставок T_{ij} , ту логистическую схему, которая объединяет наибольшее число микросостояний системы. В частности, принцип энтропии, с помощью функции тренда, позволяет в ситуации неполной информации определить состояние максимальной энтропии (или равновесия) как наиболее вероятное состояние логистической системы.

Для заданного числа состояний энтропия достигает максимума, когда эти состояния являются равновероятными, то есть в отсутствии ограничений любого рода, и она увеличивается с ростом их числа и является мерой аддитивности.

Существуют промежуточные ситуации между двумя крайностями минимума и максимума ограничений, указанные в качестве наилучшей оценки.

Программа минимизации энтропии для строительного производства может быть переведена в проблему дискретного выбора, предполагая, что менеджер строительного технологического процесса делает свой выбор среди различных программ, описанных вектором z_i (а не между многомерными и бесконечными

$$T = \frac{Q}{q} \quad (22)$$

Dove:

- T - durata di processo, o del turno;
- Q - il volume d'imballaggio, spedizione, consegna dei materiali e prodotti, espresso in tonnellate;
- q - intensità d'impilamento di consegna per turno, in tonnellate per turno.

Durante il periodo τ_{ij} , a seguito del processo di trasporto, verrà effettuato un volume di lavoro sull' i -esimo processo nel cantiere, uguale a $q_i \tau_{ij}$.

Nel tempo Δt il volume della fornitura sarà uguale a $q_i \Delta t$ e il volume d'imballaggio sarà dato da $q_j \Delta t$.

Assioma 8: le equazioni di vincolo, con le intensità diverse di realizzazione del processo, possono essere scritte come:

Caso I, per $T_i < T_j$:

$$\tau_{ij} = \frac{q_{ij}}{q_i} \quad (23)$$

Caso II per $T_i > T_j$:

$$\tau_{ij} = q_{ij} Q_j / q_i Q_i + (T_i - T_j) \quad (24)$$

Caso III per $T_i \leq T_j$:

$$\tau_{ij} = \frac{q_{ij} Q_j}{q_i Q_i} \quad (25)$$

Il metodo proposto rende possibile l'avvio

decisionali).

Il discreto processo può essere analizzato con l'aiuto di un algoritmo, adattato ai problemi di discreto processo, per risolvere le varie decisioni.

Per la teoria di processo manageriale del costruttore, applicata al processo di scelta, il costo di una decisione C in seguito alla scelta di i tra le varie alternative si determina come funzione:

$$C_{in} = f(z_i, S_n) \quad (26)$$

Per:

- z_i è il vettore dei costi delle alternative di scelta nel sistema di trasporto-costruttore, e S_n è il vettore delle caratteristiche di gestione della produzione, che contiene N (moltiplicità) e X (con X_n matrice di attributi di varie alternative, tra le quali sceglie il manager n).

Prendendo in considerazione solo due alternative e supponendo che gli errori siano distribuiti indipendentemente e uniformemente in accordo con la distribuzione di Gumbel, si può formulare

di una pianificazione logistica di cantiere più efficace, nell'ottica di dotare i cantieri di set completi di oggetti materiali e prodotti, così pure come di pianificare, ottimizzandoli, gli orari di attività dei veicoli.

Come risultato, le brigate di lavoro sopporteranno minori tempi d'inattività durante la costruzione, tempi spuri dovuti alla mancanza di materiali e di veicoli in attesa dello scarico.

L'avanzamento - in quantità temporali - nella consegna dei materiali e dei prodotti nei cantieri, prima del loro montaggio, presenta, allo stato naturale del processo, delle variazioni temporali significative che vanno da uno a dieci giorni. Così, il trasporto, direttamente e attivamente, influenza la quantità e la qualità del processo organizzativo di costruzione, e incide, quindi, sull'efficienza complessiva della produzione edilizia.

5. Una modellazione matematica per una scheda logistica efficace: l'approccio entropico

La crescente complessità e il dinamismo della macro supply chain da cantiere richiede le più moderne soluzioni tecnologie dell'informazione, che nascono da una visione entropica e globale del problema delle costruzioni.

принятое менеджером решение в рамках бинарной модели, а именно, логит-модели.

Учитывая, что рост стоимости является негативным фактором, вероятность того, что менеджер транспортно-технологического процесса n выберет альтернативное решение i вместо j можно выразить формулой:

$$P_{ni} = \frac{\exp[C(z_j, N_n)]}{\exp[C(z_j, N_n)] + \exp[C(z_i, N_n)]} \quad (27)$$

И:

$$P_{ni} = \frac{1}{1 + \exp[C(z_i, N_n) - C(z_j, N_n)]} \quad (28)$$

Для математического описания транспортно-технологического процесса предположим, что система S может находиться в I ($i=1,...,n$) различных состояниях. Рассмотрим ее состояние в некоторые дискретные моменты времени t_K ($K=1,...,K$). Если система в момент t_K находится в состоянии i , то в следующий момент t_{K+1} она с какой-то вероятностью может перейти в любое из n возможных состояний. Вероятности перехода из одного состояния в другое представим вектором $P_i = P_{i1}, ..., P_{in}, P_{in}$,

Где:

- P вероятность перехода из одного состояния i в состояние j .

При этом должно соблюдаться

L'analisi computazionale dei processi "trasporto-tecnologico" da cantiere indica abitualmente un'entropia abbastanza alta di questi sistemi quando questi non vengono pianificati, per cui è necessario identificare dei metodi per ottimizzarne la redditività.

Importanti lavori sull'uso dell'entropia applicata all'analisi del territorio sono stati pubblicati da Wilson (Wilson, 1969).

L'indice di entropia di Wilson è una misura di distribuzione, in presenza di matrici O-D, con cui i flussi di un sistema logistico integrato di distribuzione dei prodotti, in vari punti del cantiere, si computano come probabili tra gli stessi punti; nel contesto dell'analisi di macro supply chain del sistema di produzione edilizia con caratteristiche industriali, l'indice di Wilson indica la distribuzione logistica integrata più probabile.

Il principio dell'entropia viene utilizzato per determinare lo schema logistico integrato che unisce il maggior numero di microstati del sistema, inteso come la configurazione più probabile di alimentazione T_{ij} .

In particolare, il principio di entropia, utilizzando la funzione di tendenza, tratta situazioni d'informazioni incomplete necessarie per determinare lo stato di massima entropia (o di bilanciamento)

условие:

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \quad (29)$$

Отметим, что принцип энтропии, которая позволяет определить наиболее вероятную конфигурацию потоков T_{ij} , представляющую и связывающую наибольшее количество микро-состояний системы, может быть описан следующим выражением:

$$\sum_i O_i = \sum_j D_j = \sum_i \sum_j T_{ij} = P \quad (30)$$

где:

- P представляет собой количество способов, в которых отдельные потоки могут быть отнесены к матрице T_{ij} ;

предполагая $P = T$.

Аналитическое выражение системной энтропии определяется соотношением:

$$S(T_{ij}) = T! \prod_i \prod_j T_{ij}! \quad (31)$$

И, после введения необходимых ограничений, связанных с происхождением логистической схемы (32), ее назначением (33) и окончательной общей стоимостью транспортировки C (35), учитывая, что $T_{ij} \geq 0$, имеем:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad (32)$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (33)$$

$$\sum_i \sum_j C_{ij} T_{ij} = C \quad (34)$$

Значение единой конфигурации всех

come lo stato più probabile del sistema logistico.

Per un dato numero di stati di sistema l'entropia è massimizzata quando questi stati sono equiprobabili, cioè senza restrizioni di alcun tipo; così l'entropia che aumenta con l'aumentare del numero di flussi ed è misura di additività.

Le situazioni intermedie tra i due estremi, un minimo e un massimo, vengono previste come la migliore stima.

Il programma di minimizzazione della produzione di entropia per la costruzione edile può essere trasferito al problema della scelta discreta, supponendo che il gestore del processo di costruzione renda la scelta tra i vari programmi descritti con il vettore z_i (piuttosto che tra soluzioni multidimensionali e infinite).

La soluzione discreta può essere analizzata utilizzando l'algoritmo economico standard adattato ai problemi di scelta discreta.

Utilizzando la teoria delle scelte discrete applicate alla scelta modale da parte del pianificatore del cantiere, il costo C della soluzione adottata, dovuto alla selezione tra i -esime opzioni, è determinato da:

$$C_{in} = f(z_i, S_n) \quad (26)$$

Dove:

- z_i è un vettore del valore della scelta alternativa nel sistema del

possibili flussi T_{ij} определяется путем максимизации функции энтропии, то есть, когда, для T_{ij} :

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot O_i \cdot D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (35)$$

где:

$$A_i = 1 / \sum_j B_j \cdot D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (36)$$

и:

$$B_j = 1 / \sum_i A_i \cdot O_i e^{-\beta c_{ij}} \quad (37)$$

с учетом того, что:

- β является множителем Лагранжа, который связан с ограничением транспортировки по стоимости;

а также того, что:

- O_i отражает размеры логистической системы;
- D_j является объемом трудовых затрат;
- C_{ij} - матрица транспортных расходов и логистики;
- T_{ij} - матрица направлений логистических потоков.

Кроме возмущающих воздействий на рассматриваемую систему оказывает влияние и организационно-технологические решения, выступающие в качестве управляющих воздействий. Каждому состоянию i соответствует некоторый набор организационно-технологических

trasporto e costruzione, e S_n è il vettore delle caratteristiche di controllo di logistic supply chain, che contiene anche N (una pluralità) e X (con matrice X_n di attributi delle varie alternative n , tra cui il pianificatore seleziona).

Per semplificare, considerando solo due alternative e assumendo che gli errori casuali siano distribuiti indipendente e uniformemente in conformità con la distribuzione di Gumbel, possiamo formulare la decisione presa dal gestore come parte del modello binario, vale a dire un modello Logit.

Considerando che l'aumento del costo è un fattore negativo, la probabilità che il pianificatore del processo logistico “trasporto-tecnologico” n scelga la soluzione alternativa i -esima invece che la j -esima può essere espressa dalla formula:

$$P_{ni} = \frac{\exp[C(z_j, N_n)]}{\exp[C(z_j, N_n)] + \exp[C(z_i, N_n)]} \quad (27)$$

o:

$$P_{ni} = \frac{1}{1 + \exp[C(z_i, N_n) - C(z_j, N_n)]} \quad (28)$$

Per una puntuale descrizione matematica del processo “trasporto-tecnologico” si supponga che il sistema S possa venire discretizzato nell'insieme I (con $i = 1, 2, \dots, n$) dei diversi stati.

Consideriamo alcuni dei suoi stati nei

decisioni o strategie C_i^∞ ($\infty=1, \dots, \tau$), che sono necessarie per il passaggio del sistema in uno stato più razionale.

Indichiamo la probabilità di transizione della sistema da uno stato i a uno stato j come P_{ij}^∞ per la strategia ∞ . Supponiamo, che ogni tale transizione del sistema è accompagnata da un certo guadagno

$$r_{ij} \quad (i=1, \dots, n); \quad (j=1, \dots, n); \quad (\infty=1, \dots, \tau) \quad (38)$$

Ogni una di queste strategie è legata con determinati costi, che sono “prezzo” del raggiungimento dell'obiettivo. Questo prezzo con segno meno può essere considerato come il guadagno del sistema. In tal caso il guadagno medio q_i^∞ , che può ottenere il sistema per un passo quando esce dallo stato i con l'applicazione della strategia ∞ , è uguale:

$$q_i^\infty = \sum_{j=1}^n r_{ij}^\infty P_{ij}^\infty \quad (39)$$

Il totale atteso guadagno per l'ottimale gestione dell'azione $Di(K)$ può essere determinato con l'aiuto del seguente rapporto:

$$D_{i(k-1)} = \max \left[q_i^\infty + \sum_{ij} P_{ij}^\infty D_j(k) \right] \quad (40)$$

Dove:

momenti discreti t_k ($K=1,...,K$).

Se il sistema t_k si trova nello stato i -esimo e il successivo momento è t_{k+1} con una certa probabilità esso può trasferirsi in qualsiasi degli n stati possibili. Le probabilità di transizione da uno stato a un altro viene rappresentata da un vettore di probabilità dato da $P_i = P_{i1}, \dots, P_{ij}, \dots, P_{in}$, laddove P rappresenta la probabilità di transizione da uno stato i allo stato j .

Questa condizione deve essere soddisfatta secondo l'equazione:

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \quad (29)$$

In generale, va osservato che il principio di entropia, che consente di determinare la configurazione dei flussi più probabili T_{ij} , che rappresentano e collegano il maggior numero di micro-stati del sistema, può essere descritto dalla seguente espressione:

$$\sum_i O_i = \sum_j D_j = \sum_i \sum_j T_{ij} = P \quad (30)$$

Dove:

- P - rappresenta il numero dei modi in cui i singoli flussi possono essere assegnati alla matrice T_{ij} ;

assumendo che $P = T$.

L'espressione analitica dell'entropia del sistema è data dalla ben nota equazione:

$$S(T_{ij}) = T! \prod_i \prod_j T_{ij}! \quad (31)$$

Dopo l'introduzione delle necessarie limitazioni, associate con l'origine del

- D_j - величина дохода, зависящая от состояния системы и принятой стратегии управления.

Обозначим $D_{i(k)}$ номер стратегии, которой необходимо придерживаться при переходе системы из i -го в $i+1$ -е состояние, чтобы добиться максимального дохода $D_{i(k)}$. Решение задачи состоит в нахождении всех $D_{i(k)}$ при $k=(1...m)$ и $i=(1...n)$. Расчет осуществляется в следующей последовательности: по формуле 40 вычисляется величина всех значений q_i^∞ ; $D_i(0)$ принимается равным нулю; $D_i(1)$ приравнивается $\max q_i^\infty$, то есть после первого шага принимается такая стратегия, которая обеспечивает максимальный доход; по формуле 40 вычисляется величина дохода на каждом последующем этапе анализа и выбирается стратегия, обеспечивающая наибольший доход и т.д.

Пример выбора оптимальных организационно-технологических решений, принимаемых линейными инженерно-техническими работниками на строительных площадках, при имитационном моделировании транспортного процесса рассчитан с

sistema di logistica (32), con il suo scopo (33) e con un costo totale finale di trasporto C (35), dato che $T_{ij} \geq 0$, si ha la sequenza:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad (32)$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (33)$$

$$\sum_i \sum_j C_{ij} T_{ij} = C \quad (34)$$

Il valore di una singola configurazione di tutti i possibili flussi T_{ij} viene determinata massimizzando la funzione d'entropia, cioè quando, per T_{ij} :

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot O_i \cdot D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (35)$$

dove:

$$A_i = 1 / \sum_j B_j \cdot D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (36)$$

e:

$$B_j = 1 / \sum_i A_i \cdot O_i e^{-\beta c_{ij}} \quad (37)$$

considerando che:

- β - è il moltiplicatore di Lagrange, che è collegato con la limitazione del trasporto dal punto di vista del suo costo;

e che:

- O_i riflette la dimensione del sistema logistico;
- D_j è la quantità di lavoro;
- c_{ij} - la matrice dei costi di trasporto e della logistica;
- T_{ij} - la matrice delle aree dei flussi logistici.

A parte gli effetti disturbatori “naturali” sul sistema logistico integrato di cantiere,

помощью специальной программы на ЭВМ.

Логика решения задачи сводится к следующему. По программе в самом начале вводится максимальное значение K , при первом шаге $K=1$ и первом состоянии системы $i=1$ данного шага вводятся показатели вероятности предполагаемых доходов и затрат при различных стратегиях управления. Затем, последовательным изменением ∞ от 1 до τ и от 1 до N определяются величины дохода r_{ij}^{∞} и средний доход

q_i^{∞} . Благодаря этой операции, получаются все расчетные величины при первом состоянии системы. Следующий этап расчета заключается в выборе величины среднего дохода q_i^{∞} .

Эти реализации производятся последовательным сравнением значений среднего дохода q_i^{∞} при всех

стратегиях управления первого состояния системы $\infty \leq \tau$. Каждое предыдущее значение q_i^{∞} сравнивается с последующим. Если новое значение среднего дохода q_i^{∞} больше предыдущего, то оно стирает это предыдущее, становясь максимальным. При определении максимального

controllo ottimale $D_i(K)$ possono essere determinati utilizzando la seguente relazione:

$$D_{i(k-1)} = \max \left[q_i^\infty + \sum_{ij}^n P_{ij}^\infty D_j(k) \right] \quad (40)$$

Dove:

- D_j - valore del reddito, che dipende dallo stato del sistema e dalla strategia di gestione adottata.

Sia ora $D_{i(k)}$ il numero di strategie da seguire quando il sistema transita dallo i -esimo stato allo stato $i+1$ per ottenere il massimo profitto $D_{i(k)}$.

La soluzione del problema consiste nel trovare tutti $D_{i(k)}$ quando $k = (1 \dots m)$ e per $i = (1 \dots n)$.

Il calcolo viene eseguito nella seguente sequenza:

- dall'equazione (40) vengono calcolati i tutti valori di q_i^∞ ;
- $D_i(0)$ viene preso come nullo;
- $D_i(1)$ risulta pari a $\max q_i^\infty$, reddito medio dopo una prima fase.

Qualora venga rilevata la strategia che fornisce la maggior parte delle entrate, si procede calcolando il valore del reddito a ogni successiva fase di analisi in base all'equazione (40) che consente di

cambiare la situazione, t.e. su qualsiasi possibile stato logistico del sistema.

6 Sviluppo del grafico di lavoro dei mezzi di trasporto

В качестве примера реализации общего алгоритма моделирования транспортного процесса рассматривается метод разработки оптимальных графиков автотранспортных средств и грузоподъемных механизмов в течение рабочей смены с целью организации единого транспортно-монтажного процесса по часовому графику.

Задача формулируется следующим образом. Имеется группа заводов – поставщиков сборных железобетонных изделий. На каждом заводе имеются склады готовой продукции и пункты погрузки. Расстояние от заводов до объектов строительства может быть различным. Монтажные работы производят непосредственно с транспортных средств при челночном способе доставки сборных конструкций, когда один автомобиль-тягач работает с несколькими сменными полуприцепами. К моменту прибытия

scegliere proprio la strategia che fornisce la maggior parte delle entrate.

L'approccio computazionale di scelta dei set organizzativi e tecnologici nella simulazione del processo logistico intergato di cantiere, al fine di massimizzarne il reddito, si può implementare mediante la progettazione di un software di modelling matematico dedicato, i cui step sono i seguenti:

Nell'ambito del programma, introdotto all'inizio il valore massimo K , con il primo step a $K = 1$ e il primo stato fondamentale del sistema a $i = 1$, s'introduce un valore di probabilità stimata dei ricavi e costi in varie strategie di gestione.

Inoltre, con il cambiamento graduale ∞ da 1 al τ e da 1 a N vengono determinati i valori del reddito r_{ij}^{∞} e il reddito medio q_i^{∞} . Per questa operazione vengono calcolati tutti i valori ottenuti nel primo stato del sistema. Il passaggio successivo è quello di selezionare il valore del reddito medio q_i^{∞} .

A questo punto, ogni valore precedente q_i^{∞} viene confrontato con il successivo, attraverso un confronto seriale omogeneo dei valori del reddito medio q_i^{∞} , per tutte le strategie di gestione del primo stato del

панелевоза на монтажную площадку изделия с одного из имеющихся там полуприцепов должны быть полностью смонтированы с тем, чтобы тягач мог забрать под погрузку свободный полуприцеп. Количество единиц автотранспорта N , необходимое для выполнения перевозок, зависит от количества объектов K , количества заявленных с каждого объекта транспортных комплектов n_K и времени рейса от заводов до строек t_p , то есть:

$$N(k, n_K, t_p) \quad (41)$$

В соответствии с принятой технологией монтажа составляются заявки на доставку конструкций по каждому объекту. Заявка на поставочный комплект, включает в себя отдельные транспортные комплекты. При этом необходимо учесть время монтажа каждого транспортного комплекта. За интервал возможной постановки под загрузку транспортных средств τ_K^{HP} принимается период времени $\tau_{k n j m}^{HP}$, в течении которого можно начать погрузку, обеспечивая при этом своевременную доставку на монтаж. Величина интервала возможной постановки автомобилей под загрузку транспортного комплекта $\tau_{k j m}^{HP}$ зависит

sistema $\infty \leq \tau$.

Se il nuovo valore del reddito medio q_i^∞ risultasse più alto rispetto al precedente quest'ultimo verrebbe assegnato in luogo del precedente ed esso diventerebbe il valore massimo di step.

Nel determinare il valore massimo del reddito medio $\max q_i^\infty$ del primo stato $i = 1$ si prevede il trasferimento computazionale al secondo, terzo, ..., n- statì del sistema fino a quando non sarà stabilita la condizione $i \leq N$.

Per ogni nuovo stato del sistema si assegnano le rispettive probabilità, e le proiezioni di ricavi e costi sotto strategie di gestione diverse e a ogni nuovo step il corso del calcolo verrà iterato.

Infine, si determinano i valori del reddito complessivo del sistema nei suoi vari stati, con un totale cumulativo per ogni passo, in modo da poter rendere più razionali le soluzioni logistiche, organizzative e tecnologiche.

Con l'uso del modelling computazionale attraverso la programmazione informatica e l'utilizzo di un modello matematico Logit, dovendo necessariamente accedere a grandi database, si possono analizzare rapidamente i dati contenuti nei datawarehouse nell'ottica di elaborare queste informazioni per determinare la

от количества полуприцепов на монтажной площадке. Для организации каждого автомобиле-рейса требуется определить начало погрузки i-го транспортного комплекта. Полагая, что начало погрузки рассматриваемого автомобиле-рейса совпадает с началом его интервала возможной поставки под погрузку, то есть $t_o^{KP} \leq \tau_{kjm}^{HP}$ определяют есть ли свободная точка погрузки на складе в этот момент, тем самым проверяется условие:

$$t_{qm} < t_o^{knm} \quad (42)$$

Где:

- t_{qm} - время, начиная с которого на складе можно начинать погрузку требуемого транспортного комплекта.

Выполнение этого условия позволяет выделить необходимую точку погрузки на складе и зафиксировать время ее освобождения, равное $t_{qm} + t_{jm}$. Если это условие не выполняется, то надо проверить возможность начала погрузки рассматриваемого транспортного комплекта до конца интервала возможной постановки автомобиля под загрузку τ_{KPIjm}^{KP} то есть проверить другое условие: $t_{qm} \leq \tau_{KPIjm}^{KP}$, позволяющее

migliore linea operativa di cantiere, vale a dire, per ogni possibile stato del sistema logistico.

6. Lo sviluppo di una scheda logistica con gli orari ottimali per i veicoli

Per la realizzazione dell'algoritmo generale di simulazione del processo logistico di trasporto, al fine di organizzare un processo di trasporto e d'installazione unificata sul grafico orario, viene qui proposto un metodo per la determinazione degli orari dei veicoli e del macchinario da sollevamento durante il turno di lavoro.

Il problema viene formulato come nella seguente ipotesi.

Un gruppo di fabbriche sono fornitrici di prodotti prefabbricati in calcestruzzo. A ogni impianto, si assegnano le scorte di prodotti finiti e i punti di carico. La distanza dalla fabbrica ai siti di costruzione potrebbe anche risultare differente (anisocrona). Il lavoro d'installazione e di montaggio del prodotto da costruzione si realizza direttamente dal trailer quando il metodo di consegna del prefabbricato avviene tramite navetta, ovvero quando un auto-camion viene a lavorare con diversi trailer intercambiabili. Al momento dell'arrivo sul luogo di montaggio dei prodotti prefabbricati, uno dei semirimorchi esistenti dovrebbe venire

выделить необходимую точку погрузки на складе и зафиксировать время начала погрузки на ней. После этого можно переходить к корректировке полученного времени начала погрузки t_o^{knm} в зависимости от наличия свободных панелевозов. Время начала погрузки транспортного комплекта t_o^{knm} сравнивается временем прибытия на завод тех панелевозов, которые уже работают или должны работать в эту смену. Дальнейший порядок действий зависит от выбора одного из возможных логических вариантов логистической схемы. При этом необходимо учитывать среднюю продолжительность простоев автотранспортных средств, грузоподъемных механизмов и строительных рабочих по организационно-технологическим причинам.

7. Определение количества транспортных средств при разработке оптимальных графиков их работы

Монтажный поток и автотранспортные средства, доставляющие на стройплощадку сборные детали, могут находиться в K состояниях, то есть $K = N+1$, где: N – число автопоездов. При этом могут быть следующие случаи: все

completamente liberato dai prodotti, in modo che il trattorino possa prendere i trailer liberi per il caricamento.

Il numero di trasporti N , necessari per eseguire il traffico efficiente, dipende dal numero dei cantieri K , dal numero di domande di ciascuno dei set di trasporto n_k e dal tempo di passaggio dalle fabbriche ai cantieri t_p , che viene determinato da:

$$N(k, n_k, t_p) \quad (41)$$

In conformità con la tecnologia di montaggio adottata, si determinano il fabbisogno nelle strutture e i prodotti prefabbricati per ogni cantiere (l'applicazione per il set da fornire include i kit separati dei veicoli e il macchinario per il trasporto).

A questo punto si rende necessario prendere in considerazione il tempo di montaggio di ciascun kit di trasporto, considerando l'intervallo durante il quale il veicolo verrebbe messo sotto carico τ_K^{HP} (espresso come periodo τ_{kjm}^{HP}) durante il quale è possibile avviare il caricamento che viene accettato, garantendo, nel contempo, la consegna puntuale sul sito di montaggio. La dimensione della gamma delle possibili prestazioni dei veicoli per il caricamento del kit di trasporto τ_{kjm}^{HP} dipende dal numero di semirimorchi nel

N trasporti si trovano in lavoro; uno autotreno si ferma, e gli altri $N-1$ lavorano; due si fermano, e $N-2$ lavorano e così via. La probabilità di apparizione di uno qualsiasi dei K è descritta dalla formula:

$$P_K = \frac{N!}{(N-K)!} \left(\frac{\lambda}{\nu} \right)^K P_0 \quad (43)$$

Dove:

- P_K - probabilità che, che i prodotti vengono montati su un autocarro,
- $K-1$ - si fermano in attesa di montaggio, e gli altri
- $N-K$ si trovano in movimento e sotto carico sul cantiere del produttore;
- P_0 - probabilità che, che tutti gli autotreni si trovano in movimento e sotto carico;
- N - numero necessario di autotreni per il normale funzionamento del sistema;
- λ - numero di viaggi di un autotreno in un turno, che viene stabilito, in base alla durata del viaggio;
- ν - numero di viaggi, necessario per garantire la sostituzione dei prodotti

luogo d'installazione e di montaggio. Per gestire gli orari di ogni tratta e di ciascun veicolo è necessario determinare l'inizio del caricamento del *i-esimo* kit di trasporto.

Supponendo che l'inizio del carico del veicolo per tratta coincide con l'inizio del suo intervallo per la sua possibile consegna da caricare, cioè $t_o^{KP} \leq \tau_{kjm}^{HP}$, rimane da determinare quando vi sia una postazione libera per l'imbarco, quindi, quando si verifica la condizione:

$$t_{qm} < t_o^{knm} \quad (42)$$

Dove:

- t_{qm} - momento in cui si può iniziare a caricare dal fornitore il kit di trasporto richiesto.

Questa condizione consente di selezionare la postazione di carico dello stock desiderato e di fissare il tempo che si rendesse necessario per il processo di carico, fino al momento in cui il veicolo lo libera per il prossimo veicolo, tempo uguale a $t_{qm} + t_{jm}$.

Se questa condizione non risultasse soddisfatta è necessario verificare la possibilità d'inizio del carico del kit sul veicolo prima della fine dell'intervallo di possibili prestazioni del veicolo sotto carico τ_{KPjm}^{KP} cioè di controllare un'altra

montaggio del flusso, которое устанавливается, исходя из продолжительности монтажа транспортного комплекта деталей и конструкций.

Решая уравнение 43 для разных К состояний (в диапазоне от 0 до 4) логистической системы, можно определить основные характеристики транспортно-производственного процесса (сведены в таблицу 2) и выбрать оптимальные.

Таблица 2. Количественные характеристики системы

К	К-1	P_K P_0	P_K
0	0	1	
1	0	1	
2	1	0.75	
3	2	0.38	
4	3	0.10	
Итого			

Суммируя значения, записанные в последней графе таблицы 2, получим величину, равную 0,56. Она свидетельствует о том, что 14%

condizione $t_{qm} \leq \tau_{K\Pi jm}^{KP}$, che permetta di selezionare proprio questa postazione di carico nel magazzino e di fissare il momento d'inizio del carico su di esso.

Si può, pertanto, procedere per regolare gli orari ottenuti d'inizio del carico t_o^{knm} , in funzione della disponibilità dei mezzi di trasporto del carico.

Il tempo d'inizio del carico dei kit di trasporto sul veicolo t_o^{knm} verrà paragonato con il tempo d'arrivo dei veicoli che già lavorano o che devono lavorare per questo turno, presso il fornitore.

L'ulteriore modo di procedere dipenderà, poi, dalla scelta di una possibile variante logica dello schema logistico integrato, prendendo in considerazione anche il tempo d'inattività media dei veicoli, del macchinario di sollevamento e degli operai edili composti in brigate, come pure altre motivazioni organizzative e tecniche.

7. La determinazione del numero di veicoli e lo sviluppo di schede logistiche di lavoro ottimali

La catena di montaggio e i veicoli che consegnano al cantiere gli elementi prefabbricati possono essere rappresentati in K stati, cioè $K = N + 1$, laddove:

- N - numero dei veicoli di rimorchio

время смены каждый из четырех автотягачей будет простаивать в ожидании освободившегося полуприцепа. В то же самое время рассчитывается и величина простоев монтажных бригад из-за отсутствия на строительной площадке необходимых деталей и конструкций.

Для сокращения простоев автопоездов и монтажных бригад рекомендуется объединять несколько монтажных потоков и обслуживающего их автотранспорта в единую систему. Как показали расчеты математического моделирования, при объединении в единую систему трех монтажных потоков и соответствующего числа автопоездов занятость строительно-монтажных бригад и автотранспорта в течении смены увеличивается до 91,5%. Дальнейшее увеличение поточных линий в системе не дает значительного сокращения времени простоев. В рассматриваемой программе рассчитывается значение третьей графы табл. 2, то есть отношения P_K / P_0 при $K=0, 1, 2, 3, \dots, 11$. Суммируя значения этой графы и учитывая, что $\sum_{K=0}^{\Pi} P_K = 1$, получают значения P_0 , характеризующие ситуацию, когда все автопоезда находятся в пути и под

(autocarri) che lavorano secondo la supply chain. L'equilibrio logistico, secondo la SCM, potrebbe avvenire quando si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- tutti i trasporti N sono sul loro posto di lavoro;
- un autocarro (rimorchio) risulta inattivo e i restanti $N-1$ vengono impiegati;
- due trasporti da rimorchio risultano inattivi mentre il $N-2$ lavora, etc.

A questo punto, la probabilità di qualsiasi stato K viene descritta dall'equazione:

$$P_K = \frac{N!}{(N-K)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^K P_0 \quad (43)$$

Dove:

- P_K - probabilità che i prodotti prefabbricati vengano montati da un trailer;
- $K-1$ - autocarri con i prodotti dei prefabbricati inattivi in attesa d'installazione, e i rimanenti
- $N-K$ - autocarri in movimento e sotto carico nella fabbrica del fornitore;
- P_0 - probabilità che tutti gli autocarri siano in transito e sotto carico;

погрузкой, то есть в это время простаивают монтажные бригады на строительных площадках из-за отсутствия деталей.

8 Оценка эффективности, качества и надежности транспортного процесса

Ключевым моментов в этом вопросе является взаимная заинтересованность транспортников и строителей в своевременном выполнении общего плана поставок строительных грузов с целью сдачи объектов в установленные сроки. Поэтому при выборе критерия эффективности транспортного процесса следует руководствоваться одновременно интересами транспортных и строительных организаций, которым можно считать выполнение плана перевозок в установленные сроки требуемой номенклатуры грузов при тах прибыли транспортных и производственных организаций, зависящих от транспортного процесса. При этом в одних случаях будет наблюдаться сокращение транспортных затрат при росте издержек в других звеньях строительного производства и, наоборот, транспортные затраты могут возрасти, но одновременно

- N - quantità necessaria d'autocarri per il normale funzionamento del sistema logistico;
- λ - numero possibile di passaggi degli autocarri per turno, che viene impostato in funzione della durata del passaggio;
- ν - numero di passaggi della catena di montaggio di turno, richiesti per mutate esigenze, impostato in funzione della durata del montaggio dei kit di trasporto di parti e strutture.

Risolvendo l'equazione (43) per diversi stati K (nell'intervallo da 0 a 4 per il nostro esempio computazionale) del sistema logistico, si possono determinare le principali caratteristiche ottimali del processo del trasporto e di fabbricazione (riassunti nella Tabella 2).

Tabella 2. Caratteristiche ottimali quantitative del sistema logistico attraverso gli stati K (tabella di esempio)

K	$K-1$	$P_K \quad P_0$
0	0	1
1	0	1
2	1	0.75

уменьшаться затраты на выполнение строительных работ или на комплектацию объектов строительными материалами и изделиями. Полное обеспечение строек в грузовых перевозках по объему и номенклатуре является одним из важных факторов качества, т.к. строительные бригады не имеют простоев из-за отсутствия на стройках материальных ресурсов.

Не менее важным показателем качества транспортного процесса является комплектность отправления и прибытия грузов на стройки. Работники транспорта до настоящего времени односторонне относятся к комплектным поставкам, считая всегда выгодным увеличение размера партии комплекта и, соответственно, увеличение грузоподъемности подвижного состава. Однако с ростом грузоподъемности подвижного состава у грузоотправителей и на стройках возрастают расходы, связанные с накоплением грузов и их хранением. Оптимальной будет та грузоподъемность, которая соответствует $\max$ доходу транспортных предприятий, поставщиков и строительных

3	2	0.38	организаций. Такой подход дает возможность нормировать
4	3	0.10	комплектность отправления и
Totale			прибытия грузов и рассматривать ее как показатель, характеризующий один

Sommando i valori memorizzati nell'ultima colonna della tabella 2, si ottiene un valore $\approx 0,56$.

Questo esempio dimostra come ciascuno dei quattro autocarri rimarrà inattivo e in attesa per i rimorchi svuotati e rilasciati, per il 14% del tempo di lavoro della brigata.

Allo stesso momento, si calcola il valore del tempo d'inattività, per le squadre di montaggio e d'installazione, dovuto alla mancanza, nel cantiere, di parti e strutture necessarie.

Per ridurre i tempi d'inattività degli autocarri e delle brigate d'installazione e montaggio, si rende opportuno aumentare il supply chain, cioè è necessario combinare più flussi di autocarri, di catene di montaggio e d'installazione computandoli in un unico sistema.

Dai calcoli di modellazione matematica, quando vengono combinati in un unico sistema i tre flussi costituiti dai sistemi d'installazione col corrispondente numero di autocarri (con i macchinari di carico e scarico nel sito di costruzione), l'occupazione della linea logistica con gli

из главных признаков эффективности транспортного процесса.

Фактор сохранности перевозимых грузов является особенно важным для строительного производства. Существенные финансовые потери, приходящиеся на 1т. грузов, сверх предусмотренных нормами должны оцениваться при определении эффективности и качества транспортного процесса.

Стоимость доставки грузов является фактором, в котором синтезируется влияние всех факторов. Выбор способа транспортирования в специализированном или универсальном подвижном составе, в пакетах или контейнерах, или без них является существенным для получения минимальной стоимости доставки. Одним из решающих условий минимизации стоимости доставки грузов непосредственно на стройки является организация транспортного процесса на всем пути следования грузов. Такая форма организации транспортного процесса

equipaggi d'installazione e con i veicoli durante il turno, aumenta l'ottimizzazione temporale sino al 91,5%.

Un ulteriore aumento di linee di flusso del sistema, invece, non fornisce una significativa riduzione dei cosiddetti tempi morti.

L'algoritmo di ottimizzazione computa il valore della terza colonna della Tabella. 2, con un rapporto P_K / P_0 con $K = 0, 1, 2, 3, \dots 11$. Sommando i valori dei conteggi di

questa colonna (dato che $\sum_{K=0}^n P_K = 1$), si

ricevono i valori di P_0 che soddisfano la condizione per cui tutti gli autocarri risultano in transito e sotto il carico, cioè quando le brigate di montaggio nel cantiere rimangono inattive per la mancanza di prodotti e di strutture prefabbricate.

8. La valutazione dell'efficacia, della qualità e dell'affidabilità della macro supply chain per le costruzioni

Il momento chiave della macro supply chain per le costruzioni nasce dal reciproco interesse sia dei lavoratori dei trasporti che dei lavoratori edili, per la determinazione tempestiva del piano generale logistico, con la fornitura di materiali da costruzione in supply chain time. Pertanto, al momento di scegliere il

предусматривает заинтересованность всех участников перевозок: грузоотправителей, транспортных предприятий и грузополучателей.

Совмещенная технология на основе транспортно-технологических карт позволяет повысить скорость доставки грузов в 1,5-2 раза, улучшить использование транспортных средств и грузоподъемных механизмов и за счет этого значительно поднять качество транспортного обслуживания строек.

Затраты по фактору своевременной доставки грузов обуславливаются затратами на хранение запланированных, но не вывезенных в течении суток объемов грузов у отправителей.

В конечном итоге, эффективность и качество транспортного процесса характеризуется качеством труда всех участников строительства, качеством парка транспортных средств и грузоподъемных машин, а также качеством проектно-технологической документации.

Неоправданное ускорение, а также задержки по срокам доставки материалов и изделий на стройки не повышают эффективность транспортного обслуживания. В то

criterio d'efficienza del processo di trasporto un manager di cantiere dovrebbe essere stimolato sia dagli interessi della società di trasporto come pure da quelli della società di costruzioni, interessi che possono essere considerati come l'attuazione della scheda logistica dei trasporti just-in-time (considerando che l'intervallo richiesto dai carichi è correlato al massimo profitto per le organizzazioni di trasporto e di produzione dipendenti dal processo di trasporto stesso).

In alcuni casi si realizzerebbe la riduzione dei costi di trasporto (con aumenti di costi in altre parti del processo di costruzione) e in altri casi, i costi di trasporto potrebbero aumentare, ma allo stesso tempo potrebbero ridursi i costi dei lavori di costruzione o della fornitura completa di strutture o materiali da costruzione e dei prodotti.

Il rifornimento completo dei cantieri attraverso il trasporto con autocarri per volumi di traffico e carichi è un importante fattore di qualità, poichè le brigate di costruzione non possono sopportare tempi d'inattività dovuti alla mancanza o carenza di risorse materiali presenti sul sito di costruzione.

Un non meno importante indicatore della qualità del processo di trasporto appare la completezza, in partenza e in arrivo, dei

che время ускорение по срокам доставки требует увеличения транспортных издержек.

Оценка уровня обслуживания автотранспортом строек может быть произведена по формуле:

$$W = \left(\frac{T_k}{T_p} \right) \times 100\% \quad (44)$$

Где:

- T_k - срок доставки грузов по графику строительства;
- T_p - срок доставки грузов по графику перевозок.

При $W < 100\%$ автомобильный транспорт задерживает доставку по срокам, а при $W > 100\%$ перевозка осуществляется быстрее, чем требуется по графику строительства.

Надежность транспортного процесса в течении времени t полностью задана функцией $R(t)$, если известны функции надежности отдельных подсистем, то есть:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_{i_y}(t) \quad (45)$$

Где:

- $R_{i_y}(t)$ - надежность отдельных циклов транспортного процесса.

Чтобы контролировать и оказывать влияние на надежность транспортного

carichi. Gli operatori dei trasporti, abitualmente, mantengono un atteggiamento unilaterale verso la gamma completa di forniture, ritenendo sempre preferibile un aumento delle dimensioni dei lotti e, di conseguenza, un aumento della capacità di carico del materiale

процесса необходимо определить ее количественную характеристику. Для проектирования надежных систем и сравнения между собой отдельных транспортных процессов предлагаются показатели, приведены в табл 3.

rotabile per il trasporto sugli autocarri. Tuttavia, con l'aumento della capacità di carico del materiale rotabile, gli spedizionieri e i cantieri sopportano aumenti di costo associati con l'accumulo o il deposito dei carichi (come immobilizzo degli stock di capitale).

Таблица 3. Показатели транспортного процесса

Si verificherà, pertanto, una ottimalità nella lean construction supply chain, quando verranno massimizzati, contemporaneamente, il reddito della società di trasporto, quello dei fornitori e quello delle imprese di costruzione. Questo approccio consente di normalizzare la completezza della scheda logistica di partenza e di arrivo dei carichi, considerandola come una misura dei principali indicatori di efficacia del processo di trasporto.

Il fattore di sicurezza dei carichi trasportati risulta, poi, particolarmente importante per il settore delle costruzioni, così come le perdite finanziarie rilevanti attribuibili a 1 tonnellata di carico che ecceda le norme previste.

Tutto ciò dev'essere tenuto in conto per la determinazione dell'efficienza e della qualità del processo di trasporto

Il costo di consegna, ad esempio, è un fattore che è sintetizzato dall'influenza di tutti i fattori di produzione. La scelta del modo di trasporto di un rotabile specializzato o universale, la scelta degli imballaggi o dei container si correla col costo minimo di consegna.

Una delle condizioni necessarie per ridurre al minimo le spese di consegna della merce al cantiere è dato dalla pianificazione del processo di trasporto su tutto l'itinerario di transito, interessando tutti i partecipanti al trasporto: spedizionieri, aziende di trasporto e destinatari dei carichi.

Le tecnologie, quando vengono combinate sulle mappe di trasporto e di processo, sono in grado di migliorare la velocità di consegna dei carichi per 1,5-2 volte.

I costi, correlati con il fattore di consegna puntuale dei carichi, sono determinati dai costi di mantenimento dei volumi previsti.

In definitiva, l'efficienza e la qualità del processo di trasporto risultano caratterizzate dalla qualità del lavoro di tutti i partecipanti nel processo di costruzione, come pure dalla qualità della flotta dei veicoli e dei mezzi di sollevamento, nonché dalla qualità del

Наименование	Характеристика показателя	Математическое выражение
Удельная пропускная способность	Отношение провозной способности к максимальной загрузке транспорта	$K_1 = P / Q_{\max}$
Коэффициент устойчивости	Степень соответствия транспортного процесса запроецированному процессу строительномонтажных работ	$K_2 = \Delta Q / V_{\sigma}$ при $\Pi > 1$ процесс можно считать устойчивым $\Delta Q = Q_a - Q_b$; Где: Q_a - верхняя граница допускаемого объёма перевозок часового суточного; Q_b - нижняя граница допуска; V_{σ} - коэффициент вариации $V_{\sigma} = \sigma / Q_z$, Где: $Q_z = \frac{Q_a + Q_b}{2}$

design logistico e dalla documentazione tecnologica.

L'accelerazione ingiustificata, come pure i ritardi nei termini di consegna dei materiali e dei prodotti da costruzione, non solo non incrementano l'efficienza dei servizi di trasporto, ma, paradossalmente, l'accelerazione dei tempi di consegna prevede un incremento dei costi di trasporto.

Assioma 9: la valutazione del livello di servizio logistico per i progetti di costruzione può essere determinata dalla relazione:

$$W = \left(\frac{T_k}{T_p} \right) \times 100\% \quad (44)$$

Dove:

- T_k - tempo di consegna dei carichi secondo il progetto di costruzione sul sito;
- T_p - tempo di consegna della merce secondo gli orari previsti dal processo di trasporto.

Se $W < 100\%$, il trasporto dei carichi sugli autocarri ritarda la consegna nel tempo; se $W > 100\%$ il trasporto si svolge più velocemente rispetto a quanto richiesto dal progetto di costruzione.

L'affidabilità e sicurezza del processo di trasporto durante il periodo t viene specificata tramite l'equazione $R(t)$ e

Коэффициент нагрузки	Отношение средней провозной способности к средней загрузке системы в определенный период времени, час, смену	$K_3 = \frac{P_{cp}}{Q_{cp}}$
Себестоимость перевозок	Затраты автотранспортного предприятия, связанные с перемещением и несвоевременной доставкой грузов	$Z = Z_n + Z_{np} + Z_{\delta}$, Где: Z_n - затраты на перевозку Z_{np} - затраты на погрузку-разгрузку Z_{δ} - затраты из-за несвоевременной доставки грузов

(Из: <https://transmitworld.files.wordpress.com/2012/04/method-of-simulation-of-the-transport-process141.pdf>)

Реальную величину провозной возможности транспорта можно определить по формуле:

$$P(x) = P_n(x) k_a k_b \quad (46)$$

l'equazione di affidabilità dei singoli sottosistemi viene data da:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_{i_j}(t) \quad (45)$$

Dove:

- $R_{i_j}(t)$ - l'affidabilità dei singoli cicli del processo di trasporto.

Per monitorare, gestire e influenzare l'affidabilità del processo di trasporto è necessario determinare la sua caratteristica quantitativa.

Per la progettazione di sistemi affidabili e per un confronto quantitativo dei singoli processi di trasporto vengono illustrati in Tabella 3 i seguenti indicatori.

Tabella 3. Indicatori del processo di trasporto

Nome dell'indicatore	Caratteristiche dell'indicatore	Espressione matematica
Capacità specifica di prodotti di trasporto (per trasportare un carico massimo)	Rapporto tra la capacità di trasporto (per trasportare il massimo volume e il carico massimo, come peso)	$K_1 = P/Q_{\max}$

- $P(x)$ - реальная провозная возможность системы;

- $P_n(x)$ - потенциальная провозная способность системы;

- k_a, k_b - соответственно, коэффициенты, учитывающие внешние и внутренние условия, $k_a < 1, k_b < 1$

Установлено, что закономерность отказов хорошо описывается распределением вида:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (47)$$

Где:

- λ - коэффициент интенсивности отказов, он равен:

$$\lambda = f/n \quad (48)$$

Где:

- f - общее число отказов за данный интервал времени;
- n - число автотранспортных средств, работающих на линии.

Экспериментальные данные позволяют установить, что надежность непосредственного перемещения грузов

Coefficiente di stabilità	Grado di conformità del processo di traffico al processo progettato e configurato (di costruzione e installazione)	$K_2 = \frac{\Delta Q}{V_\sigma} a$ condizione che $P > 1$, il processo può essere considerato sostenibile e stabile per $\Delta Q = Q_a - Q_b$ dove: Q_a - limite massimo consentito dal volume di traffico, per ora, per giorno; Q_b - limite inferiore della tolleranza; V_σ - Coefficiente di variazione: $V_\sigma = \frac{\sigma}{Q_z},$ dove: $Q_z = \frac{Q_a + Q_b}{2}$
Coefficiente di carico	Rapporto tra la capacità media del traffico di carico e del carico medio del sistema in un dato periodo di tempo, in un ora, in un turno	$K_3 = \frac{P_{media}}{Q_{media}}$

autotrasportanti mezzi da fornitori di materiali e attrezzature per le opere di costruzione. I costi di trasporto dei materiali e delle attrezzature per le opere di costruzione sono molto elevati e possono variare da 0,92-0,99. Ciò che riguarda le operazioni di trasporto del processo e delle operazioni di carico e scarico, la loro affidabilità è molto inferiore e rappresenta circa 0,5-0,6. L'affidabilità dell'intero ciclo di trasporto-costruzione è molto inferiore e sarà di circa 0,2-0,3, cioè 20-30%.

Il complesso sistema organizzativo e tecnologico di un'opera di trasporto-costruzione può essere rappresentato come l'insieme delle operazioni di trasporto e di costruzione che si svolgono in un dato spazio e in un dato tempo. Il sistema organizzativo e tecnologico di un'opera di trasporto-costruzione può essere rappresentato come l'insieme delle operazioni di trasporto e di costruzione che si svolgono in un dato spazio e in un dato tempo.

Un indicatore economico dell'efficienza di un'opera di trasporto-costruzione è la differenza tra i costi di trasporto e di costruzione per un dato periodo di tempo e i costi di trasporto e di costruzione per un dato periodo di tempo. Questo indicatore è definito come il coefficiente di efficienza e si calcola come segue:

$$\mathcal{E}_T = C_T - \mathcal{Z}_T \quad (49)$$

costi di trasporto	Costo delle imprese di trasporto associato alla circolazione e dei carichi e la consegna in ritardo	$3 = 3_t + 3_{cs} + 3_r$ Dove: 3_t - costi di trasporto 3_{cs} - costo di carico e scarico 3_r - costi dovuti alla tardiva consegna delle carichi
--------------------	---	---

(Da:

<https://transmitworld.files.wordpress.com/2012/04/method-of-simulation-of-the-transport-process141.pdf>)

Il valore reale delle capacità di trasporto dei carichi può essere determinato con la formula:

$$P(x) = P_n(x) \cdot k_a \cdot k_b \quad (46)$$

Dove:

- $P(x)$ - reale opportunità e capacità del trasporto dei carichi;
- $P_n(x)$ - capacità potenziale di carico e trasporto di carichi nel sistema;
- $k_a \cdot k_b$ - rispettivamente, i coefficienti che tengano in conto le condizioni esterne e interne.

Assioma 10: il modello di distribuzione dei dinieghi (del trasporto) è descritto dal modulo:

В случае отрицательной величины данного показателя выбранная модель оказывается неэффективной и производство нерентабельным, что потребует пересмотра всей логистической схемы.

Организационно-технологические факторы строительства являются определяющими в предложенных моделях формирования грузопотоков материалов и изделий в пунктах подготовки грузов, определении размеров отправочных и транспортных комплексов и запасов на строительных площадках.

Методика выбора рациональных транспортно-технологических комплексов технического оснащения транспортного процесса с использованием технологических графов позволяет принять эффективное решение при выполнении транспортного процесса за счет рационального технического взаимодействия всех участников производственных циклов и выбрать рациональную схему транспортного обслуживания строек в зависимости от методов производства строительно-монтажных работ.

Необходимо учитывать весь комплекс факторов для оценки

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (47)$$

Dove:

- λ - coefficiente di rapporto tra l'intensità dei dinieghi pari a:

$$\lambda = f/n \quad (48)$$

Dove:

- f - numero totale di dinieghi in un dato intervallo di tempo;
- n - numero di autocarri in circolazione sulla linea.

I dati sperimentali ci permettono di stabilire che l'affidabilità e la sicurezza del movimento di carichi con i veicoli, dai fornitori al cantiere varia attorno a un valore tra 0,92-0,99.

Per quanto riguarda le operazioni di preparazione, le operazioni finali di trasporto e le operazioni di carico e scarico, l'affidabilità ammonta a un valore di circa lo 0,5-0,6.

Per questo, l'affidabilità di ogni processo di trasporto nel suo complesso è ridotta al solo 0,2-0,3, cioè, del 20-30%.

Le complesse misure organizzative e tecnologiche del sistema logistico al fine di garantire il funzionamento del sistema di trasporto (e la contestuale costruzione nel cantiere) possono essere rappresentate come un insieme di movimento delle risorse materiali e dei veicoli con il

qualità e affidabilità del processo di trasporto, per garantire, per

garantire la razionalità del processo. L'obiettivo

efficienza,

qualità e affidabilità del processo di trasporto in

deve essere riflettuto nella documentazione

organizzazione del trasporto dei materiali e dei prodotti in

utilizzo delle tecniche proposte per la modellazione e la scelta delle

varianti organizzative del processo di trasporto per raggiungere

l'obiettivo economico non solo in termini di trasporto, ma anche in

termini di riduzione dei costi di costruzione delle opere.

cambiamento dei loro stati in diverse fasi del ciclo produttivo, nel tempo e nello spazio.

A questo punto, l'indice composito di beneficio economico $\mathfrak{D}_T$ sarà determinato, per le società di trasporto e di costruzione, dalla differenza tra i risultati di valutazione per il periodo corrente C_t e il costo per lo stesso periodo (in fabbrica, in strada e in cantiere) $\mathfrak{Z}_T$:

$$\mathfrak{D}_T = C_T - \mathfrak{Z}_T \quad (49)$$

Nel caso di presenza di un valore negativo per l'indicatore sopraindicato, il modello di produzione scelto risulterà inefficace e inutile e richiederà di rivedere l'intero processo in tutta la catena logistica.

Come ribadito in più punti, i fattori organizzativi e quelli tecnologici per la costruzione sono determinanti per un modello logistico integrato a “catena corta”, sia per la formazione dei flussi di carico dei materiali e dei prodotti, sia per la loro preparazione e formazione, sia per il decision-making nel dimensionamento delle strutture di carico e di transito, come pure per i carichi in stock e l'arrivo delle forniture nei cantieri.

Inoltre, la scelta del complesso “trasporto-tecnologico” utilizzando dei grafici tecnologici, attraverso la collaborazione tecnica tra tutti i partecipanti nei cicli

produttivi permette di scegliere lo schema razionale maggiormente efficace per l'impostazioni del servizio di trasporto secondo le modalità di costruzione e l'installazione nel cantiere.

È necessario prendere in considerazione l'insieme di tutti i fattori per valutare qualità, la sicurezza e l'affidabilità del processo di trasporto e per assicurarne la sua organizzazione efficace.

Il miglioramento dell'efficienza, del livello di qualità e dell'affidabilità del processo di trasporto nelle costruzioni dovrebbe riflettersi sia nella progettazione che nella stesura della documentazione tecnologica e sull'organizzazione dei flussi di traffico e dei kit delle strutture e dei prodotti nei cantieri.

Utilizzando i metodi proposti di modellazione e di scelta delle variabili razionali nell'organizzazione del processo di trasporto, le imprese edili possono raggiungere a un risultato economico ottimale, non solo nel campo dei trasporti, ma anche nella cantieristica, riducendo l'inattività delle brigate di costruzione dovuta alla consegna ritardata di kit delle strutture e prodotti.

Conclusive remarks and future steps

Some aspects of the rational supply chain management for the construction are analyzed. An improvement support - for the decision science - for the construction site

logistic is proposed. Mathematical modeling and modern information technology can allow managers to access large amounts of data, quickly analyze that data, and to use that information in order to determine the best course of action for particular circumstances and, thus, to help the supply chain professionals in making decisions more quickly. The concept of opportunity and forehanded response in the transportation line is becoming more widespread as it allows the organizations to minimize the logistics costs and to respond to situations more rapidly.

We want to point out in the conclusions as it emerged in the working paper, as follows:

1. The continuity of the processing should be carefully provided in the logistic system. It is required to be able to secure speed to market and to reduce risk of delays, alternative transport modes and routes in order to support the continuing trend of outsourcing of logistics services. The performance of each transport engaged in the carriage of reinforced concrete products or other construction products may be increased to 12% by speeding up the load of transport and by making the efficient configuration and complete set of products in the warehouses of suppliers factories, eliminating the need larger resources for the delivery of rolling containers with cargo. It can't be denied that customers increasingly prefer products that are made and sourced in the sustainable "right way"; minimising economic, business' social and environmental impact on society. Following the policy and economic changes it is expected growing pressures from investors, regulators and consumers to manage supply chains in a more sustainable way.
2. Calculations made for the decision choice of the rational technical process of goods delivering to the construction sites have shown that thanks to optimal chain supply management t it is possible to reduce the transport costs to an average of 12-16%, and the idle of the construction crews to 8%.
3. The method allowing to schedule in the most efficient way the start and the end dates of the complete set of the construction site with the necessary materials and products, as well as to make the rational vehicles schedules is proposed. As a result, less downtime for the teams on the construction site due to lack of materials and vehicles in anticipation of unloading. The amount of lead delivery kits and products on construction sites before laying them have significant variations, ranging from one to ten days. Thus, the transport directly and actively influences the quantity and quality of construction

organizations, and thus affects the efficiency of building production.

4. The growing complexity and dynamism of supply chains requires increasingly advanced model, methods and Information Technology solutions. In this paper the algorithm of mathematical modeling of efficient logistics systems is proposed, as a result of which it is possible to determine the total revenue of the system in its various states, with a cumulative total for each step, so one can provide the most rational organizational and technological decision making. Logit-model application allows to find the best ways for the costs minimization.

5. A flexible supply chain that can adapt easily to unexpected changes and circumstances is extremely required to meet consumer's requirements at multiple locations with multiple transport modes at different times. In developing of the optimal logistics schedule of vehicles the procedure depends on the correct choice of the manager of one of the possible logical variants of the logistics scheme. It should take into account the average downtime of vehicles, lifting mechanisms and construction workers due to the organizational and technical reasons.

6. Complexity of the scheme for the logistic system: Supply chains are becoming increasingly complex and dynamic with sourcing locations being changed increasingly quickly and purchase orders becoming smaller and more frequent. To determine the optimal number of vehicles in the development of optimal scheduling of work it is necessary to increase the production lines by combining the multiple assembling streams and vehicles servicing them into a single integrated logistics system. Calculations received by means of mathematical modeling show that when three assembling flows and the corresponding number of vehicles servicing them are combined into a single system, the employment of the construction and installation crews and vehicles during the shift increases to 91.5%.

7. Organizational and technological events of the logistics system depends on the optimal solutions concept adopted by the manager making the most efficient the interaction of participants in the industrial and transport cycle and the most rational the logistics schemes of transport services and construction production methods. One of the prospective future trend of the future interaction becomes partnerships: manufacturers and vehicle providers continuously search for supply chain innovations and gains through partnerships with logistic service operators.

Supply chain management (SCM) is always a good opportunity, for the lean building construction, to reduce costs and time, and thus improve profitability.

SCM has, indeed, much strength on integrating construction processes, but usually supply chains are linked through weakness smooth flows of informations within the different chains.

So, the results in increased collaboration within the supply chain partners are found throw obstacles owed to poor levels of logistical competence, lack of guidance for strategic partnership, inability to integrate the company's internal procedures, as well as bed practises in attitudes and traditions for the construction industry.

With our work we have shown that the competences of the supply chain can be optimized through a computational process that takes account of spatio-temporal characteristics of the building sites and of their management costs.

But the real challenge for the future of the supply chain in the construction industry will be placed in a holistic view of the problem. Contractors and procurement will no longer be considered as the ultimate aim of supply chain support, but they would be included in a chain of supplies which would focus on the Demand, where every process put on the net its stakeholders and stockholders, and the whole ability of the logistic system.

References

- 1 Akintoye, A. (1995) "Just-in-time application and implementation for building material management", *Journal of Construction Management Eco.*, 16, pp. 131-137.
- 2 Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Cochran, J. (2015) *An introduction to management science: quantitative approaches to decision making*. Cengage Learning.
- 3 Бабич, Т.В. (2013) *Транспортная Логистика*, Киев. с. 48.
- 4 Bollen, K. A. (2014) *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons.
- 5 Clausen, L. (1995) "Building Logistics", Report 256, Danish Building Research Institute: 4.
- 6 Christopher, M. (1992) *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service*, Pitman Publishing, London, UK.

- 7 Correia-da-Silva, J. (2010) “Agreeing to disagree in a countable space of equiprobable states of nature”, *Economic Theory*, Vol. 45, No ½, pp. 291-302. Symposium in honour of Wayne J. Shafer.
- 8 Cox, A., Townsend, M. (1998) “Strategic Procurement in Construction; towards better practice in the management of construction supply chains”, London. Thomas Telford.
- 9 Dede, G., Kamalakis, T., & Sphicopoulos, T. (2015) “Convergence properties and practical estimation of the probability of rank reversal in pairwise comparisons for multi-criteria decision making problems”, *European Journal of Operational Research*, 241(2), pp. 458-468.
- 10 Ferrarese, M., Badin, G. M., Lyamkin, A, (2012) “To the question of the transportation technological flows. The methods of simulation of the transport process”, (Ссылка:<https://transmitworld.files.wordpress.com/2012/04/method-of-simulation-of-the-transport-process141.pdf>).
- 11 Жаворонков, Е. П. (2002) *Эффективность логистики в строительстве. Процессы. Системы. Управление*, Москва, КИА центр.
- 12 Жаворонков, Е. П. (2005) *Менеджмент в строительстве. Поточное строительство. Логистический подход. Маркетинговые стратегии*, учебное пособие, Москва, Элит, с. 407.
- 13 Жаворонков, Е. П. , Иванов В. Н. (2006) “Организация производства и менеджмент”, *учебное пособие*, СибАДИ, Кафедра МиМ. – Омск, с. 214-215.
- 14 Журавлев Н.П., Маликов О.Б., (2005) *Транспортно-грузовые системы*, Москва, УМНЦ.
- 15 Hong-Minh, S.M., Barker, R., Naim, M.M. (1999) “Construction supply chain trend analysis”, *Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7)*, Berkeley.
- 16 Howe, G.A. (1999) “What is Lean Construction”. *Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7)*, Berkeley.
- 17 Jones, D.T., Hines, P., and Rich, N. (1997) “Lean Logistics.” *Intl. J. of Physical Distribution and Logistics Mgmt.*, 27(34) pp. 153-173.
- 18 Koskela, L. (1992) “Application of the new production philosophy to construction”, *Tech. Report n° 72*, CIFE, Stanford University.

- 19 Koskela, L. (1992) “Application of the New Production Philosophy to Construction”, *Technical Report 72*, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, CA.
- 20 Koskela, L., Huovila, P. (1997) “On foundations of Concurrent Engineering”, *Proc. 1st International Conference on Concurrent Engineering in Construction*. London.
- 21 Koskela, L., Leikas, J. (1997) *Lean manufacturing of Construction Components*, Alarcón, Luis (ed.). Lean Construction. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 263-271.
- 22 Куликов, А.В. (2013) “Снижение Транспортных Затрат За Счет. Основные Принципы Составления Технологических Схем Перевозки Грузов В Жилищном Строительстве”, *Известия Волгоградского Государственного Технического Университета*, (6), 10 (113).
- 23 Labbe, M., Laporte, G., Tanczos, K., Toint P. (2013) “Operations Research and Decision Aid Methodologies in Traffic and Transportation Management”, *Springer Science & Business Media*, p. 5.
- 24 Lambert, D., Cooper, M, Pugh, J. (1998) “Supply Chain Management”, *Int. J. Log. Mgt.* 9(2), pp. 1-19.
- 25 London, K., Kenley, R. (1999) “Clients' role in construction supply chains”, *CIBW92 Conference*, Cape Town.
- 26 London, K., Kenley, R. (2000) “The development of a neo-industrial organisation methodology for describing & comparing Construction Supply Chains”. *Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-8)*, Brighton UK.
- 27 Нефьодов, Л. (2012) “Багатокритеріальна математична модель вибору постачальників товарів”, *Східно-Європейський журнал передових технологій.*, 1, 2(55), с. 45-51
- 28 Nuzzolo A., Coppola P., (2005) “STIT - A system of mathematical models for the simulation of land use and transport interactions”, *Proceedings of the European Transport conference*, Strasbourg.
- 29 O’Brien, B. (1995) “Construction supply-chains: Case Study, integrated cost and performance analysis”, *IGLC Conference*, Albuquerque.
- 30 O’Brien, W. (1995) *Construction Supply-Chains: Case Study, Integrated Cost and*

Performance Analysis, Lean Construction, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

- 31 Одинцов Д.Г., Иванов В.Н., Клопунов И.С. (2001) “Выбор рационального варианта технологии строительных работ”, *Изв. вузов. Строительство.*- Номер (11), с.71-73.
- 32 Oppenheimer, D. M., & Kelso, E. (2015) “Information Processing as a Paradigm for Decision Making”, *Annual review of psychology*, 66, pp. 277-294.
- 33 Пермяков В.Б., Одинцов Д.Г., Иванов В.Н., Клопунов И.С. (2001) “Экономико-математическая модель определения эффективности организационно-технологического варианта ведения строительных работ”. *Изв.вузов. Строительство.* (1), с. 53-57.
- 34 Pleskac, T. J., Diederich, A., & Wallsten, T. S. (2015) “Models of Decision Making under Risk and Uncertainty”. *The Oxford Handbook of Computational and Mathematical Psychology*, p. 209.
- 35 Rich, J., & Nielsen, O. A. (2015) *System convergence in transport models: algorithms efficiency and output uncertainty*, *EJTIR*, 15(3), pp. 317-340.
- 36 Scott, C., Westbrook, R. (1991) *New Strategic Tools for Supply Chain Management*, *Intl. J. of Physical Distribution and Logistics Mgmt*, 21 (1) pp. 23-33.
- 37 Систем, Б. С. (2012) Об Экстремальных Принципах И Целевых Функциях Биоценоотических Систем. *Биофизика*, 57(3), с. 476-490. Volvenko, I.V. (2012). *Extremal Principles and Goal Functions of Biocoenotic Systems*. (TINRO-Centre), per. Shevchenko 4, Vladivostok , Russia.
- 38 Sivakumar, A. (2007) *Modelling transport: a synthesis of transport modelling methodologies*. Imperial College of London.
- 39 Taylor, D., Bjornsson, H. (1999) “Construction supply chain improvements through internet pooled procurement”. *IGLC-6 Conference*, Berkeley.
- 40 Tommelein, I., En Yi, A. (1999) “JIT concrete delivery: mapping alternatives for vertical supply chain integration”, *IGLC-7 Conference*, Berkeley.
- 41 Воронков А.Н., Лопаткина, Т.Н. (2010) “Транспортно-складская логистика строительства”, in: Воронков А.Н., Лопаткина Т.Н., Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород: ННГАСУ, p. 146 с.
- 42 Watling, D. P., & Cantarella, G. E. (2014) “Model representation & decision-

making in an ever-changing world: the role of stochastic process models of transportation systems”, *Networks and Spatial Economics*, 1-40.

- 43 Wilson, A.G. (1969) The Use of Entropy Maximizing Methods in the Theory of Trip Distribution. *Journal of Transport Economics and Policy*, 3 (1).
- 44 Wilson, A. (2010) “Entropy in Urban and Regional Modelling: Retrospect and Prospect”, *Geographical Analysis: an international journal of theoretical geography*, 42(4), pp. 364-394.
- 45 Xu, Z. (2015) *Uncertain Multi-Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer.