

# کاهش تعداد جابجایی کانتینرها، پیش نیاز اتوماسیون سازی عملیات درون پایانه‌های

## کانتینری

دکتر منصور کیانی مقدم<sup>۱\*</sup>

دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

راحیل الله بخش<sup>۲</sup>

---

### چکیده

این مقاله مبنایی را برای صرفه جویی در زمان، بهره برداری بیشتر و استفاده بهینه تر از فضاهای موجود، قبل از اتوماسیون سازی پایانه های کانتینری پیشنهاد می کند. این تحقیق عنوان می کند که با توجه به ارزش و اهمیت همه جانبه زمان و تبعات مالی آن، می توان مدت زمان قابل توجهی را در حین عملیات چیدمان کانتینرها در پایانه های کانتینری صرفه جویی کرد. گردانندگان پایانه ها عموماً درصددند تا با بکارگیری روش های مختلف اتوماسیون موجب ارتقاء کمی و کیفی پایانه های کانتینری را فراهم آورند. بحث های تخصصی مطرح شده در این مقاله درک کلی از لزوم کاهش تعداد جابجایی های غیر ضروری کانتینرها در هنگام پشته سازی را منعکس می کند. این مقاله همچنین عنوان می کند که مدیران و گردانندگان پایانه های کانتینری می بایستی قبل از اقدام به بکارگیری تجهیزات اتوماسیون در فرآیندهای عملیات و پشته سازی، تعداد حرکت ها و جابجایی های غیر ضرور را کاهش دهند.

**کلمات کلیدی:** پایانه های کانتینری، چیدمان کانتینر، جابجایی کانتینرها

---

\*

Corresponding author

E-mail address: M.Kiani@cmu.ac.ir, mansoorkiani@gmail.com

Postal Address: Chabahar Maritime University

University Avenue, Chabahar ۹۹۷۱۷ ۵۶۴۹۹, Iran

## ۱- پیشینه

یکی از موضوعاتی که در حیطه‌ی تکنولوژی‌های اتوماسیون عملیات کانتینری کمتر به آن توجه شده است جلوگیری و حذف جابجایی‌های مکرر و اضافی کانتینرها در پایانه‌های کانتینری است. این مقاله در صدد است تا یک دیدگاه جامع و فراگیر برای کاهش جابجایی‌های مکرر کانتینرها در عملیات پایانه‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک کانتینرها را ارائه دهد.

در سال ۱۹۹۶ Bental و Stent اظهار داشتند که پیشرفت تکنولوژی موجب ارتقاء بهره‌وری عملیات مربوط به تخلیه و بارگیری کشتی‌ها می‌شود. Masterman (۱۹۹۷) نیز یکسال پس از آن به نتیجه‌ی مشابهی دست یافت. Deganzo (۱۹۹۳)، Blackeston (۱۹۹۷) و Chen (۱۹۹۸) نشان دادند که می‌توان با افزایش ارتفاع طبقه‌های پشته‌سازی کانتینرها به حداکثر سطح بهره‌وری رسید. هر چند که هیچ کدام از افراد یاد شده راهکار مستحکم و فراگیری را جهت جلوگیری از وقفه‌های ایجاد شده هنگام برداشتن کانتینرها از میان طبقه‌های مرتفع کانتینری ارائه ندادند و روش مناسبی برای کاهش سیکل‌های زمانی عملیات معرفی نکردند ولی تحقیقات آنها تفکر ایجاد چیدمان منطقی و علمی را در اذهان برانگیخت. Vaziri و Khoshnevis (۲۰۰۳) و Vaziri و Cadavid (۲۰۰۳) در تحقیقات جداگانه‌ای ارتباط و ادغام عملیات در جرثقیل‌های خودکار و سیستم AGV<sup>۱</sup> و بهره‌وری و اثر بخشی سیستم‌های AGV و عملیات درون پایانه‌ای را بررسی کردند. آنها نتایج حاصله از تحقیق خود را با آمارهایی که به صورت واقعی در حین کار با وسایل اتوماتیک بدست آمده بود با آمارهای دیگر که توسط وسایل مشابه و غیر اتوماتیک حاصل شده بود مقایسه کردند و نشان دادند که می‌توان با استفاده از سیستم‌های اتوماتیک به بهره‌وری بهینه‌تر از فضاهای موجود در پایانه‌ها دست یافت.

در سال‌های اخیر Kiani و دیگران (۲۰۰۶ و ۲۰۰۹) مقالات آکادمیک و عملی قابل توجهی را با استفاده از تئوری صف و سری‌های زمانی با هدف کاهش سیکل‌های زمانی جراثقیل‌های اتوماتیک و بدنبال آن بهینه‌سازی عملیات تخلیه و بارگیری کانتینرها و با تأکیدی بر کاهش هزینه‌ها ارائه داده‌اند. در مقاله اخیر آنها با استفاده از تئوری (MADM) Application of Multiple Attribute Decision-Making و حل مسئله در محیط Analytical Hierarchy Process (AHP) شیوه‌ی کارآمدی از روش‌های تصمیم‌گیری، نحوه انتخاب و استفاده از روش‌های نوین و اتوماتیک حمل و جابجایی کانتینرها در درون پایانه‌ها را معرفی نموده‌اند.

Kozan (۱۹۹۷ و ۲۰۰۰) فاکتورهای مهمی را جهت افزایش بهره‌وری و اثربخشی پایانه‌ها معرفی کرد. او با استفاده از مدل شبکه‌ای بدنبال دو هدف مهم یعنی کاهش زمان و کاهش تعداد جابجایی‌های اضافی

<sup>۱</sup>Automated Guided Vehicle

کانتینرها بوده است. Gupta و Fagerholt (۲۰۰۰ و ۱۹۹۲) یک بحث عمومی و فراگیری را در خصوص اهداف و راهکارهای عملی جهت دست یافتن به میزان بهره وری و اثربخشی قابل قبول در عملیات پایانه های کانتینری مطرح کردند. مطالعات عمومی دیگری با محتوای مشابه جهت حل مشکلات حمل و جابجایی کانتینرها در پایانه ها توسط Down و Leschine (۱۹۹۰)، Watanabe (۱۹۹۵ و ۱۹۹۷)، Kim و Zhang (۲۰۰۲)، و دیگران (۲۰۰۲)، Nam و Ha (۲۰۰۱)، Nam و Kwak (۲۰۰۲) انجام شده است.

## ۲- مدل احتمالاتی برای محاسبه تعداد جابجایی ها

با استفاده از دیدگاه State Probability در این قسمت مبنایی برای محاسبه تعداد جابجایی های غیر ضرور معرفی می گردد. در همین خصوص فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

۱) فرض می شود که جابجایی کانتینرها تنها در bay های واحد انجام می گیرد. این کار به این دلیل است که RTG<sup>۱</sup> های مورد مطالعه و بخش عمده ای از وسایل مانند آن تنها مجاز به برداشتن کانتینرها و انتقال آنها از بالای سر کانتینرهای همان bay هستند و از انجام عملیات روی bay های مجاور منع شده اند.

۲) هر کانتینری که قرار است جابجا شود به محل جدیدی در همان bay منتقل می شود تا از افزایش سیکل زمانی عملیات جلوگیری شود.

۳) کانتینرها به طور تصادفی از محل پشته مبدأشان برداشته می شوند و تا زمانی که عملیات برداشتن و انتقال بصورت کامل انجام نشود هیچ کانتینری به bay اضافه نمی شود.

۴) فرض می شود که زمان برداشتن هیچ کانتینری از قبل مشخص نیست.

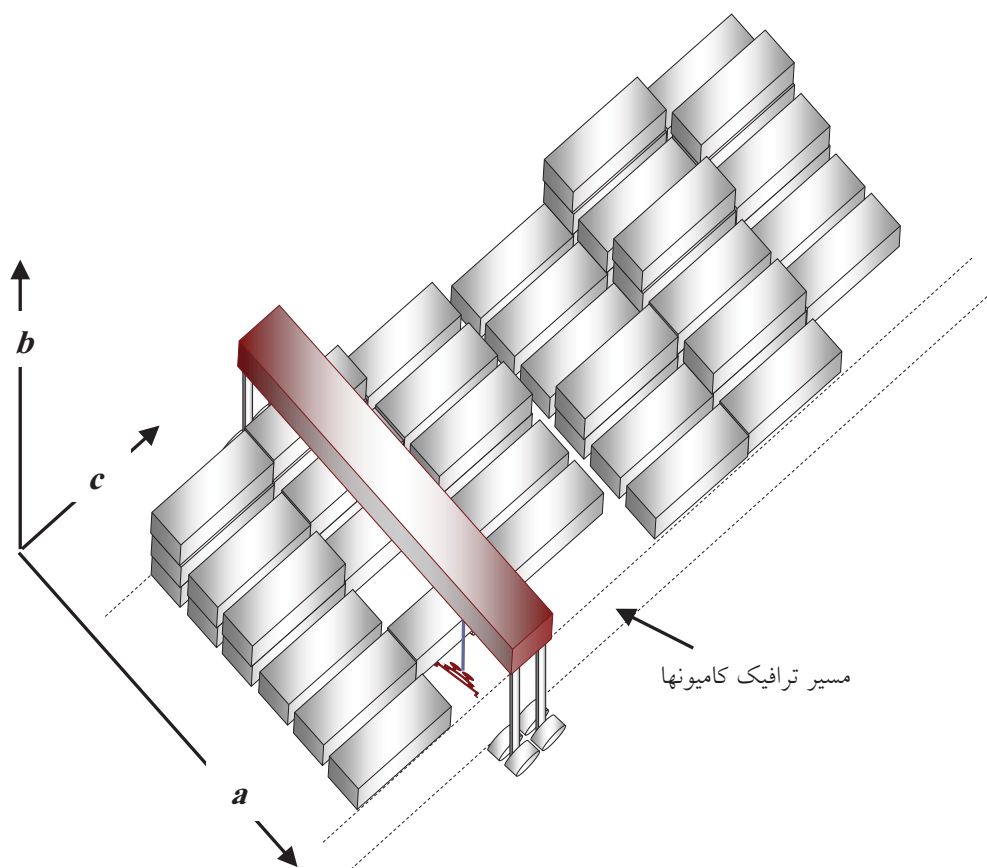
۵) فرض می شود که کانتینرهایی که زودتر از کشتی تخلیه شده اند زودتر پشته را ترک می کنند<sup>۲</sup>، بنابراین مدیران و کارکنان عملیات سعی می کنند تا از پشته سازی کانتینرهایی که بعداً تخلیه می شوند بر روی کانتینرهایی که قبلاً تخلیه شده اند جلوگیری نمایند.

تعداد جابجایی های مورد نیاز جهت برداشتن یک کانتینر از میان دیگر کانتینرها به شکل و ترتیب چیدمان آن پشته بستگی دارد. ترتیب چیدمان عبارتست از تعداد کانتینرهای پشته سازی شده، شمار ردیف های یک bay، شمار طبقه های کانتینر و قابلیت چیدمان در سیستم اجرایی عملیات که در این تحقیق با استفاده از سیستم RTGs<sup>۳</sup> بوده است.

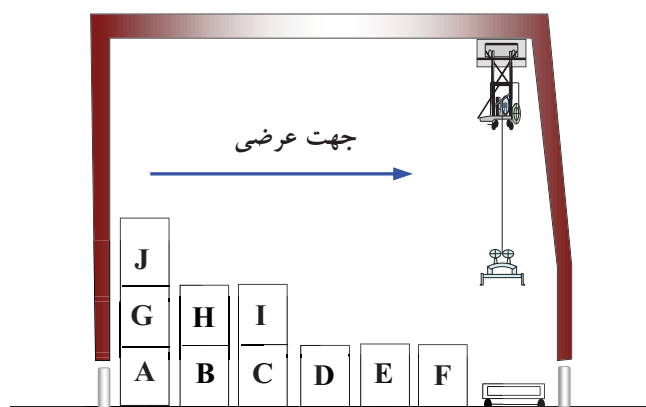
برای درک بهتر مطلب، چیدمان نشان داده شده در شکل های ۱ و ۲ را بررسی می کنیم.

<sup>۱</sup>Rubber Tired Gantry Cranes

<sup>۲</sup>First in, First Out



شکل (۱) نمای سه بعدی چیدمان کانتینرها در یک بلوک



شکل (۲) نمای جانبی چیدمان ۱۰ کانتینر در ردیف اول

فرض می کنیم که برای جرتقیل فوق احتمال برداشتن هر کانتینر از میان کانتینرهای نامگذاری شده فوق ۰/۱ باشد. در اینصورت می توان تعداد حرکات مورد نیاز برای جابجایی یک ردیف کانتینر (Bay روبرو) را به

وسیله‌ی یک فرمول ساده بدست آورد. بعنوان مثال برای محاسبه تعداد جابجایی های برای برداشتن کانتینرهای اولین ردیف می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

$\times$  (تعداد کانتینرهایی که روی آنها دو کانتینر قرار دارد)  $\times 0.1 = R$  (تعداد جابجایی ها)  
 + (تعداد جابجایی ای که مورد نیاز است تا مقدمات جابجایی آن کانتینر فراهم شود)  
 $\times$  (تعداد کانتینرهایی که روی آنها یک کانتینر قرار دارد)  
 ](تعداد جابجایی ای که مورد نیاز است تا مقدمات جابجایی آن کانتینر فراهم شود)

بنابراین در چیدمان فوق کانتینرهای D و E و F هیچ گونه جابجایی اضافه‌ای ندارند و با یک حرکت جابجا می‌شوند ولی کانتینر A نیاز به جابجایی دو کانتینر واقع شده در بالای آن دارد. به همین صورت برای بیرون آوردن کانتینرهای B و C نیاز است تا دو حرکت اضافه برای تسهیل خروج کانتینرهای روی آنان است. این مسئله را می‌توان بصورت ذیل نشان داد:

$$R = 0.1 \times [(1 \times 2) + (2 \times 1)] = 0.4$$

به این ترتیب، جهت برداشت هر یک از کانتینرهای E, D, C, B و یا F احتمال برداشتن آن کانتینر از میان دیگر کانتینرها (۰/۵) و ترتیب چیدمان نیز به صورت (۰, ۱, ۱, ۲, ۳) خواهد بود (مانند چیدمان شکل ۲). بر همین اساس احتمال برداشتن کانتینر H یا I ۰/۲ و ترتیب چیدمان مطلوب آنها نیز (۳, ۱, ۱, ۱, ۱, ۲) خواهد شد. به همین ترتیب احتمال برداشت کانتینرهای G و یا J نیز ۰/۲ و ترتیب چیدمان مطلوب آنها نیز (۱, ۱, ۱, ۲, ۲) خواهد بود.

در شکل (۲) اگرچه احتمال برداشتن و حرکت دادن کانتینر A ۰/۱ است اما این عمل مستلزم صرف زمان و تلاش بیشتری برای دو کانتینر فوقانی آن و شکل دادن به چیدمان مطلوب (۰, ۱, ۲, ۲, ۲) است. می‌توان بدون نیاز به تغییر در شکل قرارگرفتن کانتینرهای F, E, D, C, B, G و H ترکیبات چیدمانی بیشتری را فرض کرد. این ترکیبات می‌توانند به اشکال زیر باشند:

(۱, ۱, ۱, ۲, ۳, ۰), (۱, ۲, ۱, ۲, ۱, ۰), (۱, ۲, ۲, ۱, ۲, ۱), (۱, ۲, ۲, ۲, ۱, ۰), (۱, ۲, ۲, ۲, ۱, ۲), (۱, ۲, ۲, ۲, ۱, ۱), (۱, ۲, ۲, ۲, ۱, ۲), (۱, ۲, ۲, ۲, ۱, ۱) و (۱, ۱, ۲, ۲, ۲, ۱).

جدول (۱) خلاصه‌ی چیدمان (۳،۲،۲،۱،۱،۱) که از برداشت یک کانتینر بدست می‌آید.

تعداد جابجایی کانتینر	میزان احتمال	ترتیب چیدمان مطلوب
B(۱),C(۱),D(۰),E(۰),F(۰)	۰/۵	(۳،۲،۲،۱،۱،۰)
H(۰),I(۰)	۰/۲	(۳،۲،۱،۱،۱،۱)
G(۱),J(۰)	۰/۲	(۲،۲،۲،۱،۱،۱)
A(۲)	۰/۱	(۲،۲،۲،۲،۱،۰)

اجازه دهید تا از نمادهای زیر جهت بیان رابطه بین تعداد جابجایی ها ی کانتینرها و میزان احتمال حرکت و جابجایی یک کانتینر از یک ردیف را به صورت زیر در نظر بگیریم:

$a$  = تعداد ردیف ها در یک بلوک

$b$  = تعداد bay ها در یک بلوک

$c$  = تعداد طبقه ها در یک بلوک

ترکیب و چیدمان بهینه ردیف کانتینری مورد مطالعه  $(n_1, n_2, n_3, \dots, n_a)$

برای مثال، ترکیب چیدمان کانتینرهای A تا J از سمت چپ به شکل (۳،۲،۲،۱،۱،۱) در شکل (۲) نشان داده شده است.

تعداد جابجایی های مورد نیاز برای کانتینر مورد نظر زمانی که ترکیب و ساختار  $R(n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_a)$  چیدمان به شکل زیر باشد:

$$(n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_a)$$

ساختار و چیدمان ردیف  $J$ ام با تعداد  $n$  کانتینر  $C_{NJ} =$

از احتمال تغییر ساختار  $C_{Ni}$  به  $C_{(N-1)j}$  زمانی که یک کانتینر از ردیف برداشته شود  $P_N(i,j) =$

$S_{Nj} =$  کانتینر موجود باشد  $N$ ام در یک ردیف هنگامی که تعداد  $J$  احتمال بدست آوردن ترکیب و چیدمان

$R_N(i,j) =$  در ساختار فوق  $C_{(K-1)j}$  به  $C_{Nj}$  تعداد جابجایی های مورد نیاز برای رسیدن از چیدمان

$R_N =$

تعداد جابجایی های مورد نیاز برای برداشتن تصادفی کانتینر بعدی با فرض اینکه تعداد  $N$  کانتینر در ردیف باقی می‌ماند

در مثالی که در شکل ۱ و ۲ و جدول ۱ شرح داده شد،  $C_{93} = C_{(9)3}$  بیانگر ترکیب و چیدمان ردیف (۲،۲،۲،۲،۱،۰) است. در چیدمان (۳،۲،۲،۱،۱،۱) که با ساختار  $C_{(1,1)}$  احتمال شکل گرفتن هر کدام از ساختارها بر ترتیب  $P_{1, (1,1)}$

$$P_{1, (1,2)} = 0.2, = 0.5$$

$$P_{1, (1,3)} = 0.1 \text{ و } P_{1, (1,4)} = 0.2 \text{ خواهد بود.}$$

فرض می‌کنیم که  $P_N$  ماتریسی است که المان‌های  $(i,j)$  آن  $P_N(i,j)$  باشد. بر این اساس احتمال اینکه یک ردیف با تعداد  $N$  کانتینر شکل و چیدمان  $L$  ام را بخود بگیرد و همچنین مقادیر  $S_{Nj}$  را داشته باشد، آنگاه ارزیابی آن سیستم توسط رابطه زیر امکان پذیر خواهد بود:

$$S_N = S_{N+1} \times P_{N+1}$$

بطوری که

بردار ردیف کانتینری که المان  $j$  ام آن  $S_{Nj}$  باشد  $S_N =$

اجازه بدهید فرض کنیم که یک ردیف با ترکیب و چیدمان  $C_{Nj}$  تعداد  $N$  کانتینر را در خود جای می‌دهد. آنگاه تعداد جابجایی کانتینر جهت برداشت یک کانتینر می‌تواند اینگونه بیان شود:

$$\sum_j p_N(i, j) R_N(i, j) \quad (1)$$

بطوری که

تعداد جابجایی‌های مورد نیاز برای رسیدن از چیدمان  $C_{Nj}$  به  $C_{(K-1)j}$  در آن ساختار  $R_N(i, j) =$  بنابراین هنگامی که تعداد کانتینرها  $N$  باشد، آنگاه تعداد جابجایی‌های مورد انتظار از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$R_N = \sum_i S_{Ni} \sum_j p_N(i, j) R_N(i, j) \quad (2)$$

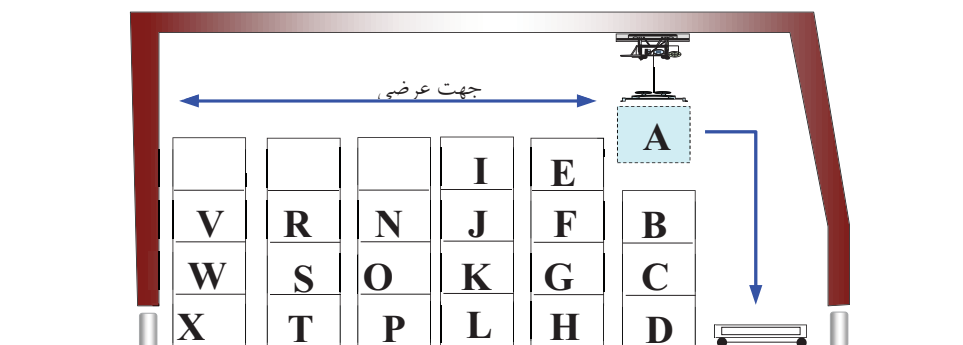
با فرض اینکه ساختار و چیدمان اولیه یک بلوک کانتینری  $S_N$  باشد و تعداد کانتینر موجود در آن بلوک  $N$  باشد، آنگاه توزیع هر احتمال برای  $1, 2, \dots, n-1, n$  می‌تواند به وسیله‌ی معادله‌ی (۱) محاسبه شود. همچنین می‌توان تعداد جابجایی‌های کانتینر را برای تمامی  $N$  تعداد کانتینر به وسیله‌ی معادله ۱ محاسبه کرد.

تعداد انباشته و سرجمع جابجایی‌های کانتینرها را نیز می‌توان بوسیله‌ی معادله (۲) ارزیابی کرد. محدوده و دامنه محاسبات این کانتینرها از  $N=1$  تا  $N=n$  خواهد بود.

در شکل (۳) چیدمانی با پیچیدگی بیشتری نشان داده شده است. جدول (۲) مثال‌های عددی برای یک bay که تعداد ۶ ردیف کانتینر و در ۴ طبقه چیده شده است را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که می‌توان با تغییر در ترتیب چیدمان داخل یک bay و یا ردیف بدون نیاز به کاهش تعداد کانتینرها به تفاوتی مهم که نتیجه آن صرفه جویی در زمان است، دست یافت.

جدول (۲) احتمال برداشت و جابجایی کانتینرها برای مثال نشان داده شده در شکل (۳)

احتمال بازیافت هر کانتینر	شمار جابه جایی های مکرر	ترتیب چیدمان	جمع تعداد کانتینرها در یک ردیف
۱/۵۰	۱/۰۰	(۴،۴،۴،۴،۴،۴)	۲۴
۱/۶۱	۰/۲۵	(۱،۴،۴،۴،۵،۵)	۲۳
	۰/۲۵	(۰،۴،۴،۵،۵،۵)	
	۰/۲۵	(۳،۴،۴،۴،۴،۴)	
	۰/۲۵	(۲،۴،۴،۴،۴،۴)	
۰/۱۶	۰/۴۸	(۰،۰،۱،۱،۱،۱)	۴
	۰/۴۶	(۰،۰،۰،۱،۱،۲)	
	۰/۰۳	(۰،۰،۰،۰،۲،۲)	
	۰/۰۳	(۰،۰،۰،۰،۱،۳)	
	۰/۰۰۱	(۰،۰،۰،۰،۰،۴)	
۰/۱۰	۰/۷۱	(۰،۰،۰،۱،۱،۱)	۳
	۰/۲۸	(۰،۰،۰،۰،۱،۲)	
	۰/۰۱	(۰،۰،۰،۰،۰،۳)	



شکل (۳) جابجایی و برداشت یک کانتینر در یک ردیف با چیدمان متراکم

### ۳- نتیجه گیری

در این مقاله سعی شده است ضمن تحلیل و بررسی مشکلات چیدمان کانتینرها در پایانه های کانتینری، مفهوم و درک اولیه ای را در خصوص جابجایی های اضافی و نیاز به حداقل رساندن آنها بیان شود. این مقاله سعی می کند تا مسائل مربوط به چیدمان و چرخه ای زمانی برداشت کانتینرها از پشته های کانتینری در پایانه های کانتینری ای که از جرثقیل های دروازه ای استفاده می کنند را ارزیابی و تحلیل نماید. نتایج نشان می دهد که با اتخاذ یک سیاست مناسب برای چینش کانتینرها به منظور کاهش زمان و کاهش



جابجایی های مکرر می توان زمان قابل توجهی را در حمل و فرایند کانتینرها صرفه جویی کرد. همچنین با به حداقل رساندن تعداد جابجایی های مکرر می توان در بخش قابل توجهی از هزینه ها صرفه جویی کرد. این مقاله شاخص هایی را برای برداشت کانتینرها با احتساب حداقل حرکات اضافی کانتینرهای فوقانی بصورت کاربردی و با استفاده از مدل های احتمالاتی ارائه می دهد.

#### منابع:

- Bendall, H. and Stent A. (۱۹۹۶) Hatch-Coverless: Productivity Gains from a New Technology, *Journal of Maritime Policy and Management*, Volume ۲۳, Issue (۲), pp. ۱۸۷-۱۹۹.
- Blackstone, C. (۱۹۹۷) Maximising Land Use by Innovating Handling Systems, *Terminal Operations Conference*, Singapore.
- Chen, T. (۱۹۹۸) Container Terminal land Utilisation and its Impacts on Yard Operations, *PhD Theses, University of Wales Cardiff, UK*.
- Daganzo, F. (۱۹۹۳) Handling Strategies for Import Containers at Marine Terminals, *International Journal of Transportation Research B.*, Volume ۲۷ B, pp. ۱۵۱-۱۶۶.
- Down, T. and Leschine, M. (۱۹۹۰) Container Terminal Productivity: A Perspective, *Maritime Policy and Management*, Taylor and Francis Ltd., London.
- Fagerholt, K. (۲۰۰۰) Evaluating the Trade-off Between the Level of Consumer Services and Transportation Costs in a Ship Scheduling Problem, *Journal of Marine Policy and Management*, Volume ۲۷, Issue (۲), pp. ۱۴۵-۱۵۳.
- Gupta, Y. and Somers, T. (۱۹۹۲) The Measurement of Manufacturing Flexibility, *European Journal of Operation Research*, Volume ۶۰, pp. ۱۶۶-۱۸۲.
- Khoshnevis, B. and Vaziri, A. (۲۰۰۳) ۳D Virtual and Physical Simulation of Automated Container Terminals and Analysis of Impact on In-Land Transportation, Research Report, University of Southern California, [http://www.metrotrans.org/Research/Final\\_Report/۹۹-۱۴\\_Final.pdf](http://www.metrotrans.org/Research/Final_Report/۹۹-۱۴_Final.pdf), Accessed on ۳۰th October ۲۰۰۳.
- Kiani, M., Wang, J., Bonsall, S. and Wall, A. (۲۰۰۶) An Experimental Evaluation of the Economic Feasibility of Automated Quayside Cranes, *Journal of Marine Technology Society*, Spring Edition, No. ۴۰, (Issue ۱), pp. ۲۴-۳۴.
- Kiani, M., Bonsall, S., Wang, J. and Wall, A. (۲۰۰۶) A Break-even Model for Evaluating the Cost of Containerships' Waiting-times and Berth Unproductive-

- Times in Automated Quayside Operations, *The WMU Journal of Maritime Affairs*, No. ۵, (Issue ۲), pp. ۱۵۳-۱۷۹.
- Kiani, M., Bonsall, S., Wang, J. and Wall, A. (۲۰۰۹) Application of Multiple Attribute Decision-Making (MADM) and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methods in the Selection Decisions for a Container Yard Operating System, *The Journal of Marine Technology Society*, Volume ۴۳, Number ۳, August, pp. ۳۴-۵۰ (۱۷).
- Kim, K. and Kim, B. (۲۰۰۲) The Optimal Sizing of the Storage Space and Handling Facility for Import Containers, *Journal of Transportation Research – B*, Volume ۳۶, pp. ۸۲۱-۸۳۵.
- Kozan, E. (۱۹۹۷) Increasing the Operational Efficiency of Container Terminals in Australia, *Journal of Operational Research Society*, Volume ۴۸, pp. ۱۵۱-۱۶۱.
- Kozan, E. (۲۰۰۰) Optimising Container Transfers at Multimodal Terminals, *Journal of Mathematical and Computer Modelling*, Volume ۳۱, pp. ۲۳۵-۲۴۳.
- Masterman, R. (۱۹۹۷) Terminal Benefits from Modern RTG Electrical Systems, *Terminal Operations Conference*, Singapore.
- Nam, K. and Ha, W. (۲۰۰۱) Evaluation of Handling Systems for Container Terminals, *Journal of Waterways, Port, Coastal and Engineering*, Volume ۱۲۷, Issue (۳), pp. ۱۷۱-۱۷۵.
- Nam, K. and Kwak, K. (۲۰۰۲) Simulation Study of Container Terminal Performance, *Journal of Waterways, Port, Coastal and Engineering*, Volume ۱۲۸, Issue (۳), pp. ۱۲۶-۱۳۲.
- Vaziri, A. and Cadavid, M. (۲۰۰۳) A Combined Container Handling System in Maritime Terminals, *Email exchange*, ۳۰th October ۲۰۰۳.
- Vaziri, A. and Khoshnevis, B. (۲۰۰۳) Potential for ASRS and AGV in Marine Container Terminals, *Email exchange*, ۳۰th October ۲۰۰۳.
- Watanabe, I. (۱۹۹۵) An Analysis of Size of Container Handling Equipment Fleet Required for Receiving and Delivering Operations in Container Terminals, ۹<sup>th</sup> *Terminal Operations Conference*, Singapore.
- Watanabe, I. (۱۹۹۷) A Theoretical Analysis of Gate Operations, ۱۱<sup>th</sup> *Terminal Operations Conference*, Barcelona.