

Multikriteriální rozhodování při robotizaci pracoviště

David Ženíšek ¹, Michal Šimon ¹

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Univerzitní 8, 306 14, Plzeň, Česká republika
zenisek@kp.v.zcu.cz
simon@kp.v.zcu.cz

Anotace: Tento článek popisuje případovou studii použití multikriteriální rozhodovací matice při rozhodování o investici do robotizace, kde jsou scénáře robotizace pomocí konvenčního robota, pomocí kobota a ponechání současného stavu. Článek postupně ukáže, jaká kritéria byla volena, jaké váhy a body jim byly přiřazeny. Na konci článku pak bude okomentováno výsledné bodování.

1 Úvod

Rozhodování o investicích je v každém podniku choulostivou situací. Obzvláště u investic do nových technologií či inovací, je třeba rozhodnout, zda se nasazení technologie vyplatí (pokud není přímo podmíněna, tedy že je nutná) a případně jaká technologie je nejvhodnější. Takové rozhodování by pak nemělo brát v úvahu pouze finanční stránku, ale také další kritéria, např. technické. Tento článek pojednává o podniku, který zvažuje robotizaci balícího pracoviště. Podnik má před sebou tři scénáře, mezi kterými se rozhodne za pomoci rozhodovací matice.

2 Pracoviště

Předmětem robotizace je balící pracoviště na výrobní lince, která produkuje vícero typů produktů. Balící pracoviště se nachází na konci linky, kde jsou vyrobené jednotky baleny do krabic. Každou krabici je nutné na poloautomatickém páskovacím stroji zapáskovat. Na konci linky jsou pak krabice ručně skládány na paletizační vozíky, na kterých jsou zabalené produkty odváženy do skladu. Napočítáno bylo celkem 8 druhů produktů o váze od 24 do 37 kg a rozměrech od 92x76x26 do 132x88x26 cm. V současné době obsluhují konečný úsek pracoviště tři pracovníci na třísměnném provozu. Robotizace zde není bezpodmínečně nutná, a proto je v rozhodování uvažováno i ponechání současného stavu.

3 Scénáře

Jako komponenty, potřebné pro robotizaci byly identifikovány: dopravník válečkový s pohonem, robot na paletizaci krabic, automatický páskovací stroj,

štítkovačka a 5x AGV vozík s třemi vagonky. Všechny tyto komponenty musejí splňovat požadovanou nosnost alespoň 37 Kg a šířku alespoň 850 mm.

Podnik se rozhodoval mezi třemi scénáři, ve kterých chtěl zhodnotit, zda:

- a) Robotizovat za pomoci běžného robota,
- b) Robotizovat pomocí kobota
- c) Nerobotizovat.

Při hodnocení proveditelnosti bylo zjištěno, že v současné době nelze jednoduše nasadit kobota, jelikož jeho maximální nosnost nedosahuje požadovaných 37Kg. Přesto však bude tento scénář zahrnut do rozhodování, aby si mohl podnik utvořit komplexní přehled a rozdíly v kritériích. Toto omezení však bude mít, pro daný scénář, významný dopad.

3.1 Kritéria

Multikritériální rozhodování představuje snahu o komplexní posouzení situace, která se projevuje tím, že volba neprobíhá na základě jednoho ukazatele, například době návratnosti investice, ale na základě sledování více kritérií. Kritéria v tomto případě lze rozdělit do dvou základních skupin: finanční a technické. [1]

Pro srovnání významnosti kritérií se využívá vah. Tyto váhy jsou číselným vyjádřením významnosti kritérií, a čím je aspekt důležitější, tím je jeho váha vyšší. Pro dosažení srovnatelnosti vah souboru kritérií je zpravidla třeba váhy znormovat tak, aby jejich součet byl roven 1.

Jednotlivé ukazatele/parametry jsou hodnoceny v závislosti na důležitosti vůči celku, tedy čím vyšší číslce, tím důležitější je kritérium. Tabulka 1 se stanovenými body je zobrazena níže. [2]

Tabulka 1 – Bodové hodnocení důležitosti parametru

Bodové ohodnocení	Důležitost bodovaného parametru
3	málo důležité
5	důležité
7	velmi důležité
9	klíčové
Bodové ohodnocení	Důležitost bodovaného parametru

Váha je vypočtena dle vzorce (1):

$$V_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^k p_i} \quad (1)$$

p_i ... bodová hodnota přiřazená ukazateli i
 $i = 1, 2, \dots, p$ počet sledovaných ukazatelů

Na základě diskuze odborné skupiny ze společnosti byly stanoveny následující kritéria rozhodování a jim přiřazená významnost a stanoven koeficient váhy, tyto kritéria jsou zobrazeny v tabulce 2 - Bodové hodnocení kritérií a stanovení koeficientu váhy.

Tabulka 2– Bodové hodnocení kritérií a stanovení koeficientu váhy

Kritérium	Body	Koeficient váhy
Velikost investice	7	0,1591
Doba návratnosti investice	9	0,2046
Proveditelnost	5	0,1136
Bezpečnost	9	0,2046
Roční náklady na provoz	9	0,2046
Takt pracoviště	5	0,1136
Σbodů	44	Σpi≅1

Hodnota kritéria je pak vypočtena jako:

$$m_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{i \max}} \text{ pro maximalizaci}; \quad (2)$$

$$m_{ij} = \frac{x_{i \min}}{x_{ij}} \text{ pro minimalizaci} \quad (3)$$

kde x_{ji} je hodnota i-tého ukazatele j-tého objektu,

$i = 1, 2, \dots, p$ – počet sledovaných ukazatelů,

$j = 1, 2, \dots, n$ – počet objektů,

x_{\max} – nejvyšší hodnota i-tého ukazatele,

x_{\min} – nejnižší hodnota i-tého ukazatele,

m_{ij} – počet bodů připadající na j-tý objekt v i-tém ukazateli.

Nejlepšímu scénáři kritéria přiřadíme 100 bodů. Ostatní bodové hodnoty ostatních scénářů pro dané kritérium se pak určí lineární interpolací. Pro ukazatele, které je žádoucí maximalizovat. Platí:

$$m_{ij} = \frac{m_{ij} - m_{i \max}}{m_{i \max} - m_{i \min}} \quad (4)$$

Pro ukazatele, které chceme minimalizovat, platí:

$$m_{ij} = \frac{m_{i \max} - m_{ij}}{m_{i \max} - m_{i \min}} \quad (5)$$

Nakonec body pro každý scénář za všechny kritéria sečteme. Pořadí scénáře stanovíme podle součtu dosažených bodů, který je hodnotícím kritériem. Počet bodů říká, kolik procent z maximálního počtu bodů objekt získal. [2]

Nyní si pojdme rozebrat jednotlivá kritéria hodnocení:

3.2 Velikost investice

Kritérium velikosti investice se zabývalo náklady na robotizaci spojené s nákupem potřebných komponent a jejich zprovoznění. Již na počátku si společnost stanovila, že nechce, aby investice přesáhla 5 milionů Kč, toto byl strop, při jehož překročení dostane řešení 0 bodů v hodnocení kritéria. Celkové náklady se v případě robotizace kobotem vyšplhaly na 5,3 milionu Kč, s konvenčním robotem na 3,9 milionu Kč. Současné řešení je beze změn a tedy bez investic.

3.3 Doba návratnosti investice

Dobu návratnosti investice udává, jak dlouhou dobu bude trvat, než se nám náklady spojené s investicí navrátí. V našem případě si společnost stanovila, že si nepřeje, aby se návratnost dostala výše, jak 4 roky. Návratnost v tomto případě byla stanovena prostým způsobem.

$$I = \sum_{n=1}^a CF \quad (6)$$

I [Kč] – investice,

CF [Kč] – roční úspory („cash flow“),

a [roky] - doba návratnosti. [3]

Pro výpočet CF bylo třeba stanovit náklady spojené s provozem pracoviště a úspory, které by volbou scénáře vznikly. Provozní náklady se skládaly ze mzdových nákladů, spotřebě energie a údržbě, zatímco úspory, v případě robotizace, obsahovaly mzdové úspory a další úspory spojené se zaměstnanci. Doba návratnosti pak byla stanovena jako 4,1 roku pro kobota a 3 roky pro konvenčního robota.

3.4 Proveditelnost

V tomto parametru je hodnocena proveditelnost pracoviště spolu s plochou pracoviště. Plocha pracoviště je hodnocena jako změna velikosti oproti současné variantě, proveditelnost je hodnocena dle náročnosti případné realizace. Varianty jsou hodnoceny procenty, 100% je nejlepší možnost v tomto pohledu – nedochází k žádným úpravám, 0% - neproveditelné.

Vzhledem k růstu potřebné plochy bylo pracovišti s konvenčním robotem uděleno 80%, zatímco kobotickému pracovišti kvůli růstu plochy a problémy s maximální nosnou vahou pouze 10%. Současný stav má pak 100%.

3.5 Bezpečnost

Bezpečnost byla posuzována odhadem, procentuálně, dle možných bezpečnostních rizik vznikajících na pracovišti. Původní pracoviště obsahovalo řadu oblastí, které jsou potenciálně nebezpečné pro obsluhu. Manipulace se zabalenými jednotkami probíhá ručně, konečná paletizace pak s pomocnými

rameny. Těžké krabice mohou navíc snadno způsobit tzv. nemoc z povolání. V podniku se proto shodli, že současný stav hodnotí jako 50% potenciálu. Pracoviště s kobotem je hodnoceno 75%, jelikož stále existuje možnost kontaktu s lidmi. Zaklečované, uzavřené robotické pracoviště pak získává 100%.

3.6 Roční náklady na provoz

Roční náklady na provoz znázorňují každoroční nákladnost daného řešení, jsou do nich započítány platy obsluhy a údržba pracoviště. Náklady na údržbu strojů byly stanoveny ve spolupráci se zástupcem společnosti FANUC. Údržba strojů byla odhadnuta jako 1% částka pořizovací ceny strojů a náklady spojené s údržbou SW jako 32 hodin IT technika ročně. Suma těchto nákladů se při třísměnném provozu a třech pracovnících u současného pracoviště vyšplhala ročně na 3,9 milionu Kč. U pracoviště s konvenčním robotem a u kobotického pracoviště na 2,75 milionu Kč a 2,77 milionu Kč, a to díky snížení počtu zaměstnanců a zvýšení elektrické energie a nákladů na údržbu.

3.7 Takt pracoviště

Takt pracoviště je důležitým parametrem pracoviště, avšak zrychlení taktu na pracovišti neznamená nezbytně zrychlení celkové výroby. Přesto si podnik stanovil, že je důležité, aby na pracovišti byla možnost do budoucna díky časové rezervě možné zrychlení taktu. Společnost si proto stanovila podmínku zachování taktu, lépe však jeho zrychlení. Z tohoto důvodu bylo 50 bodů uděleno za splnění podmínky zachování taktu, a dalších 50 je distribuováno v závislosti na rychlosti taktu. V případě taktu převyšujícího původní takt pracoviště je varianta ohodnocena 0 body.

Současné pracoviště má takt je 72 vteřin, s kobotem s konvenčním robotem 45 vteřin a kobotem 65 vteřin.

4 Celkové hodnocení pracovišť

Celkové hodnocení je zobrazeno v následující tabulce, která hodnotí dané parametry variant řešení dle stanovených vah. Maximální počet vážených bodů, který lze získat je 100. Varianta, jejíž bodové hodnocení se nejvíce blíží 100 bodům, je tedy ta nejvhodnější.

Tabulka 3 – Přehled hodnocení scénářů

Parametry	Váha parametru	Původní varianta		Robotizace konvenčním robotem		Robotizace kobotem	
		Body	Vážené body	Body	Vážené body	Body	Vážené body
Velikost investice	0,1591	100	15,91	75	11,93	0	0
Doba návratnosti investice	0,2046	100	20,46	81	16,57	0	0
Proveditelnost	0,1136	100	11,36	80	9,09	10	1,13
Bezpečnost	0,2046	50	10,23	100	20,46	75	15,35
Roční náklady na provoz	0,2046	69	14,12	100	20,46	99	20,26
Takt pracoviště	0,1136	50	5,68	69	7,84	55	6,25
Body celkem			77,76		86,35		42,99

Z tabulky je patrné, že vítězná varianta s konvenčním robotem ztrácí proti současnému řešení u kritérií velikosti investice a doby návratnosti, což se však dá přirozeně očekávat, jelikož zde nedochází k žádným změnám. Naopak body získává zvýšením bezpečnosti, snížením ročních nákladů na provoz a snížením taktu pracoviště. Kobotické pracoviště se naprosto propadlo nesplněním podmínek maximální velikosti investice, doby návratnosti a technickými parametry, kdy nedokáže unést nejtěžší variantu zabaleného produktu.

5 Závěr

Tento článek představil případovou studii multikriteriálního hodnocení investice do robotického pracoviště. Byla stanovena metoda váženého hodnocení kritérií. Toto hodnocení obsahovalo 6 kritérií finančního a technického charakteru. Postupně byly všechny tyto kritéria představeny a stručně popsány výsledky, které pro společnost vedli k závěru, že nejvhodnějším bude robotizace pomocí konvenčního robotického pracoviště.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory interního grantu Západočeské univerzity v Plzni. Číslo projektu je SGS-2021-028 s názvem Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému.

Použitá literatura

- [1] ŠTĚDRONĚ, Bohumír, Petr MOOS, Marcela PALÍŠKOVÁ, Otto PASTOR, Miroslav SVÍTEK a Libor SVOBODA. Manažerské rozhodování v praxi. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. V Praze: C.H. Beck, 2015. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-587-9.
- [2] SYNEK, Miloslav, Heřman KOPKÁNĚ a Markéta KUBÁLKOVÁ. Manažerské výpočty a ekonomická analýza. V Praze: C.H. Beck, 2009. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-154-3.
- [3] KLEINOVÁ, Jana. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-704-3364-7.