

Postopek izbire sistema načrtovanja in krmiljenja proizvodnje

A Production Planning and Control System Selection Procedure

Marko Starbek - Janez Grum

Sistem načrtovanja in krmiljenja proizvodnje, kratko sistem PPS, ima poglobljeno nalogo, da v podjetju reši zapleteni problem načrtovanja in krmiljenja proizvodnje.

Trg ponuja množico komercialnih računalniško podprtih sistemov PPS in v podjetjih se srečujejo s problemom, kako iz množice ponujenih sistemov izbrati za konkretno podjetje najprimernejši sistem PPS.

V prispevku je prikazana splošna struktura sistema PPS, ki prikazuje logično zaporedje izvajanja nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje, ter opisan dvofazni postopek izbire najprimernejšega sistema PPS.

Testiranje dvofaznega postopka izbire najprimernejšega sistema PPS je bilo izvedeno v podjetju, ki je proizvajalec ključavnic in okovja. Po rezultatih testov se je poslovno vodstvo nazadnje lahko odločilo za najprimernejši sistem PPS.

© 2000 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: sistemi PPS, koristnost, funkcije sistemske, strukture sistemov)

The basic task of a production planning and control (PPC) system is to solve the complex tasks of production planning and control in a company.

There are several computer-aided PPC systems commercially available, and companies find it difficult to select the optimal system from the wide variety of systems available on the market.

This paper presents the general structure of a PPC system, showing the logical execution sequence of production planning and control tasks, and describes a two-phase selection of an optimal PPC system.

The two-phase procedure of selecting an optimal PPC system was tested in a company that produces locks and metal parts. Based on the test results the company management selected the optimal PPC system.

© 2000 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: PPC systems, benefits, system functions, system structure)

0 UVOD

Na tržišču se pojavljajo različni računalniško podprti sistemi PPS, ki omogočajo izvajanje nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje [1]. Ključno vprašanje je, kako izbrati za podjetje najprimernejši sistem PPS in kako izbrani sistem hitro in dovolj uspešno uvesti.

Metodologija načrtovanja in krmiljenja proizvodnje pravi, da načrtovanje proizvodnje vključuje naloge: načrtovanje primarnih potreb, načrtovanje materialnih potreb, pretočno terminiranje naročil in izravnava zmogljivosti, krmiljenje proizvodnje pa naloge: spuščanje naročil, fino terminiranje naročil ter zbiranje podatkov in nadzor proizvodnje [2].

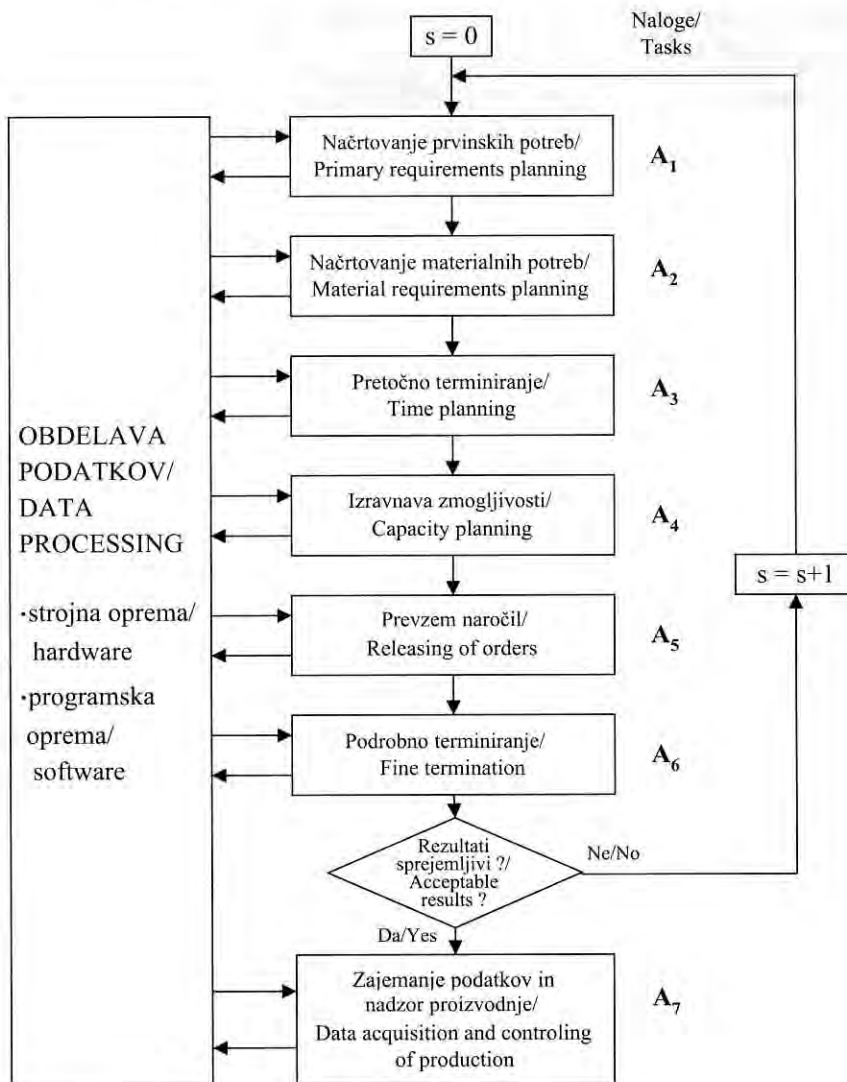
Prikaz logičnega zaporedja izvajanja vseh nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje ter potrebnega toka informacij nas pripelje do strukture sistema PPS, ki jo prikazuje slika 1.

0 INTRODUCTION

There are various computer-aided PPC systems available on the market and they all allow for processing of production planning and control tasks [1]. The main issue here is how to select the optimal PPC system for a given company.

According to production planning and control methodology, production planning consists of: primary needs planning, material needs planning, flow termination of orders, and resources levelling, while production control consists of: releasing of orders, fine termination of orders, and data acquisition [2].

To show the logical sequence of production planning and control tasks, together with the required information flow, the structure of the PPC system should be constructed, as shown in Figure 1.



Sl. 1. Struktura sistema PPS
Fig.1. Structure of the PPC system

Načrtovanje in krmiljenje proizvodnje se prične z rešitvijo naloge A_1 - "Načrtovanje prvinskih potreb". Izstopni podatki naloge A_1 lahko predstavljajo vhodne podatke za izvedbo naloge A_2 - "Načrtovanje materialnih potreb", ali se začasno shranijo za druge naloge sistema PPS.

Če nosilec odločitev po prvi izvedbi nalog A_1 do A_6 ni zadovoljen z doseženimi rezultati, lahko naloge delno ali v celoti ponavlja (izvedba iteracij), dokler ne pride do želenih rezultatov.

Analiza razpoložljivih komercialnih sistemov PPS je pokazala, da so si sistemi po sestavi zelo podobni, saj vsi omogočajo reševanje sedmih nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje, razlikujejo pa se v:

- primernosti sistema za ugotovljeni tip proizvodnje (individualna, serijska ali masovna),
- potrebni strojni opremi, programskem jeziku in sistemski ureditvi baz podatkov,

Production planning and control starts with the A_1 task - Primary requirements planning. Output data from the A_1 task can either present input data for execution of the A_2 task - Material requirements planning, or else it can be temporarily stored for other PPC-system tasks.

If the decision-maker is not satisfied with the results obtained after the first execution of tasks A_1 to A_6 then the tasks can be completely or partially (iteratively) repeated until the desired results have been obtained.

An analysis of commercially available PPC systems has shown that the structures of all systems are very similar: they all provide the solution to the seven tasks of production planning and control. However, some of the differences between them are:

- suitability for a particular production type (individual, serial or mass production),
- required hardware, programming language and database system,
- minimum and maximum cost of software and hardware,

- najmanjših in največjih stroškov za nakup strojne in programske opreme,
- metodah načrtovanja in krmiljenja proizvodnje,
- sistemih JIT, KANBAN, sočasni inženiring,
- vmesnikov za lastne in tuje programe,
- kakovosti izvajanja nadzora proizvodnje.

Da bi podjetju uspelo iz množice ponujenih komercialnih sistemov PPS izbrati najprimernejši sistem, mora izdelati projekt izbire sistema PPS, ki naj da odgovor na vprašanje o vrstah in zaporedju izvajanja dejavnosti projekta.

1 PROJEKT IZBIRE SISTEMA PPS

Izboro sistema PPS si lahko predstavljamo kot projekt, katerega strukturo je mogoče določiti z izvedbo delavnice ustvarjalnosti [3].

V okviru Laboratorija za proizvodne sisteme na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani smo oblikovali raziskovalno skupino, da določi strukturo projekta izbire sistema PPS (delavnica ustvarjalnosti) in pripravi vse potrebne podatke oziroma informacije za uspešno vrednotenje komercialnih sistemov PPS.

Rezultat izvedbe delavnice ustvarjalnosti, to je struktura WBS [4] projekta izbire sistema PSS, je viden na sliki 2.

- available methods of production planning and control,
- incorporation of JIT, KANBAN, and concurrent engineering systems,
- available interfaces for other software,
- quality of production control.

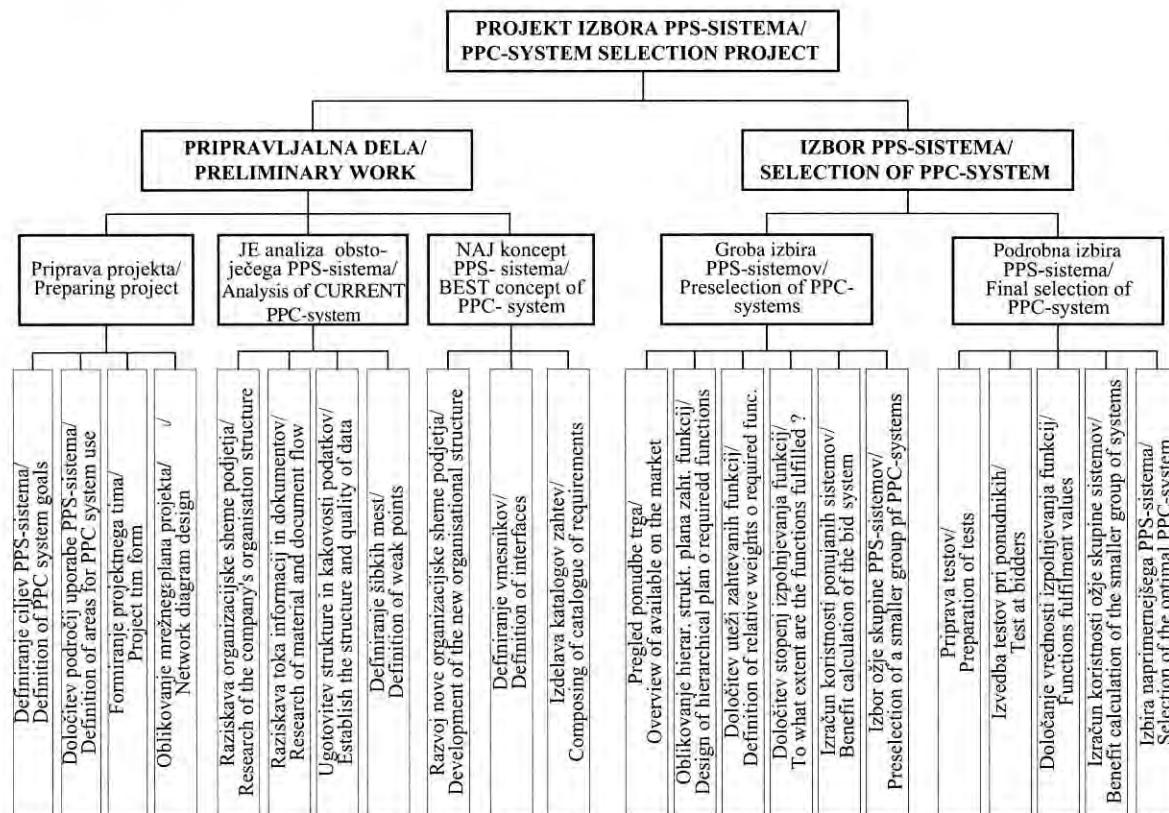
In order to select the optimal system from the many commercially available PPC systems a company should design a project for the PPC-system selection. The project should be designed to assess which activities should be performed, and in what sequence.

1 PPC-SYSTEM SELECTION PROJECT

The PPC-system selection can be presented as a project, whose structure can be defined during a creativity workshop [3].

In the Production Systems Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana, Slovenia, a research team has been formed which can define the structure of a PPC system selection project (in a creativity workshop), and prepare all the required data for successful evaluation of commercial PPC systems.

The result of the creativity workshop should be the WBS structure [4] of the PPC-system selection project, as shown in Figure 2.



Sl. 2. Struktura WBS projekta izbire sistema PPS
Fig. 2. WBS structure of PPC-system selection project

Kakor vidimo s slike 2, celotni projekt izbire sistema PSS sestavljata dve sklenjeni enoti – podprojekta, in sicer:

- pripravljalna doba,
- izbira sistema PPS.

Za vsakega izmed naštetih podprojektov je raziskovalna skupina z izvedbo delavnice ustvarjalnosti (klasična metoda možganski vihar) definirala skupine dejavnosti in tem pripadajoče dejavnosti.

Podprojekt “pripravljalna dela” se prične s pripravo projekta, nadaljuje z JE-analizo sedanjega sistema PPS in konča z NAJ-konceptom predlaganega sistema PPS.

V okviru “priprave projekta” mora vodstvo podjetja definirati cilje sistema PPS, določiti področja uporabe sistema ter določiti sestavo projektne skupine, katere prva naloga je, da načrta mrežni diagram celotnega projekta izbire sistema PPS.

JE-analiza sedanjega sistema PPS mora pokazati sedanjo organizacijsko shemo podjetja in tok informacij, kar je pogoj za definiranje šibkih mest sedanjega sistema.

NAJ-koncept sistema PPS pa pokaže želeno organizacijsko shemo podjetja z zahtevanimi funkcijami sistema PPS.

Podprojekt “izbira sistema PPS” se prične z grobo izbiro in konča s podrobno izbiro sistema PPS.

V okviru grobe izbire sistemov PPS je treba pregledati na trgu ponujane sisteme in izvesti, glede na poprej postavljene kriterije, njihovo vrednotenje.

Podrobna izbira sistemov terja pripravo in izvedbo testov pri ponudnikih sistemov PPS in zapisovanje rezultatov izpolnjevanja funkcij.

V tem prispevku bomo prikazali način vrednotenja komercialnih sistemov PPS, in to po kriterijih, sprejetih na ravni poslovnega vodstva podjetja, ki želi v čim krajšem času uspešno izbrati računalniško podprti sistem PPS.

2 IZBIRA SISTEMA PPS

Raziskovalci Laboratorija za proizvodne sisteme Fakultete za strojništvo v Ljubljani so stali pred temeljno nalogo, kako oziroma po kakšnem postopku izvesti grobo in nato podrobno izbiro sistemov PPS.

Odločili so se, da bodo v prvi fazi sestavili postopek izvedbe grobe izbire sistemov, ki bo omogočala iz dane množice ponujanih sistemov poiskati ožjo skupino treh do petih sistemov, ki v največji stopnji izpolnjujejo zahteve po zelenih funkcijah iskanega sistema PSS. Izhodiščne podatke za izvedbo grobe izbire bodo predstavljali poenoteni podatki o izpolnjevanju oziroma neizpolnjevanju zahtevanih funkcij iskanega sistema.

As can be seen from Figure 2, the PPC-system selection project consists of two units (sub-projects):

- preliminary work,
- PPC-system selection.

For each of the above-mentioned sub-projects the research team organised a creativity workshop (classical brainstorming method) in which activity groups and their corresponding activities were defined.

The Preliminary-work sub-project starts with the preparation of the project, continues with the analysis of the current PPC system and finishes with a reference concept of the proposed PPC-system.

During the preparation of the project the company management should define the goals of the PPC system, the scope of the system use, and the composition of the project team, whose first task is to design the network diagram of the whole project for the PPC-system selection.

Analysis of the current PPC system should present the existing organisation scheme of the company and its information flow; from this data, weak points of the existing system can be identified.

The concept of the reference PPC system shows the desired organisation scheme of the company and the required functions of the new PPC system.

The PPC system selection sub-projects start with pre-selection and end with final selection of the PPC system.

During pre-selection of the PPC systems it is necessary to make an overview of the commercially available systems and evaluate them according to the pre-defined criteria.

Final selection of the PPC system requires preparation and execution of tests, performed at the bidders, and making notes on function-fulfilment results.

This article will present a method for the evaluation of commercially available PPC systems, using the criteria of a company management that wants to spend a minimum amount of time on the successful selection of a computer-aided PPC system.

2 PPC-SYSTEM SELECTION

The basic task of the Production Systems Laboratory research group from the Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana, Slovenia, was to devise a procedure for pre-selection and final selection of the PPC systems.

It was decided that in the first phase (PPC system pre-selection) the large set of available PPC systems should be reduced to a smaller group (3 to 5 systems), which best fulfil the requirements of the company regarding the system functions. Input data for pre-selection is uniform data about the fulfilment of required system functions.

V drugi fazi pa bodo sestavili postopek izvedbe podrobne izbire, ki bo omogočala iz ožje skupine sistemov poiskati najprimernejši sistem. Izhodiščni podatki za izvedbo podrobne izbire bodo podatki o izvedenih testih pri ponudnikih sistemov. Izvedba testov pri ponudnikih sistemov naj bi trajala dva do tri dni. Prvi dan naj bi bilo izvedeno testiranje delovanja celotnega sistema in pri tem naj bi sodelovali vsi raziskovalci oziroma člani skupine, drugi in po potrebi tretji dan pa naj bi bilo izvedeno testiranje delovanja posameznih modulov sistema, in to v navzočnosti ožje skupine raziskovalcev.

V strokovni literaturi je poznanih več metod iskanja ožje skupine ponujanih sistemov PPS oziroma najprimernejšega sistema ([5] in [6]).

Po pregledu razpoložljivih metod se je razvojna skupina odločila za uporabo metode analize koristnosti [5] tako pri postopku grobe kakor tudi podrobne izbire sistemov.

Da bi raziskovalna skupina lahko oblikovala hierarhični strukturalni načrt zahtevanih funkcij sistema PPS, je najprej analizirala razpoložljive funkcije množice ponudnikov sistemov PPS [2] in po rezultatih analize pripravila katalog zahtevanih funkcij novega sistema, ki pomeni temelj za oblikovanje načrta zahtevanih funkcij sistema. Slika 3 prikazuje načelo oblikovanja strukturalnega načrta zahtevanih funkcij sistema.

Na prvi ravni strukturalnega načrta so definirane zahtevane skupine razpoložljivih metod od načrtovanja primernih potreb do zaščite podatkov. Na drugi ravni so zahtevanim skupinam metod prirejene metode delnega reševanja nalog, na tretji ravni pa so tem prirejene osnovne metode reševanja

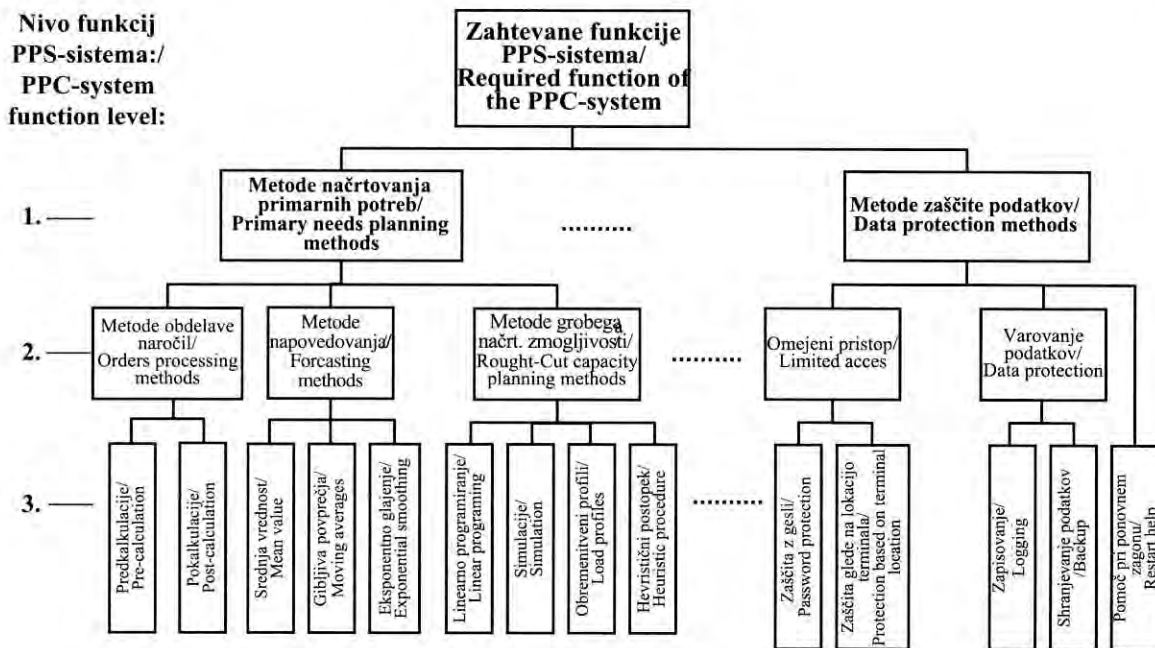
The purpose of the second phase (final selection) is to find out which PPC system from the smaller group is optimal for the company. Input data for final selection is obtained by tests at the vendors. The tests should last two to three days with each system vendor. On the first day, the whole system is tested in the presence of all project team members. On the second (and if needed, the third) day, detailed tests of individual modules of the system should be made in the presence of a smaller group of team members.

There are several methods available for the pre-selection of the smaller group of systems and selection of the optimal PPC system ([5] and [6]).

After making a survey of available methods, the development team chose the benefit analysis method [5] for pre-selection and final selection.

In order to design a hierarchical structural plan of the required PPC- system functions, the research team first analysed the functions of the available PPC systems [2]. Based on the analysis results, a catalogue of the required system functions was made, which was the basis for designing a plan of the required system functions. Figure 3 shows the principle structural design of the required system functions.

On the first level of the structural plan the required groups of available methods are defined (from primary requirements planning to data protection). On the second level, partial solutions of tasks are defined, and on the third level basic methods for



Sl. 3. Strukturalni plan zahtevanih funkcij sistema
Fig.3. Structure of required PPC system functions

nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje, ki predstavljajo zahtevane funkcije sistema:

production planning and control are defined – they are the required system functions:

$$f_1, \dots, f_i, \dots, f_n$$

f_i – i -ta zahtevana funkcija sistem PPS ($1 \leq i \leq n$)

f_i – i -th function required of the PPC system ($1 \leq i \leq n$)

Ker so zahtevane funkcije sistema PPS običajno različno pomembne, je skupina ocenjevala pomembnost funkcij (nujno potrebne, potrebne, koristne, nepotrebne) in nato z metodo primerjave parov [4] priredila pomembnost zahtevanim funkcijam:

Since the required functions of the PPC system have different degrees of importance, the team evaluated the importance of functions (absolutely needed, needed, useful, useless), and then appointed relative weights to the required functions using a pair comparison method [4]:

$$u_1, \dots, u_i, \dots, u_n$$

u_i – pomembnost i -te zahtevane funkcije sistema PPS ($1 \leq i \leq n$)

u_i – relative weight of the i -th function of the PPC system ($1 \leq i \leq n$)

Pomembnosti zahtevanih funkcij so normirane s tem, da je njihova vsota enaka 1.

Weights of the required functions are normalised, so that their sum is equal to 1.

2.1 Groba izbira sistemov PPS

2.1 Pre-selection of the PPC systems

V postopku grobe izbire sistemov je raziskovalna skupina, po podatkih ponudnikov sistemov, za vsak ponujeni sistem lahko ugotovila, ali opravlja ali ne opravlja določene zahtevane funkcije sistema. Torej, za j -ti ponujani sistem je sestavil n -terico števil s_{ij} funkcionalnosti sistema:

In this step of the pre-selection of the PPC systems the research team has determined for each system (on the basis of the system bidders data) whether it fulfils the particular required function or not. For the j -th system, therefore, an n -tuple of numbers s_{ij} has been composed (functionalities of the system):

$$s_{1j}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{nj}$$

kjer je funkcionalnost definirana:

where functionality is defined as:

$$s_{ij} = \begin{cases} 1, & j\text{-ti ponujani sistem opravlja } i\text{-to funkcijo} \\ 1, & \text{if the system performs the } i\text{-th function} \\ 0, & j\text{-ti ponujani sistem ne opravlja } i\text{-te funkcije} \\ 0, & \text{if the system does not perform the } i\text{-th function} \end{cases}$$

s_{ij} – dejavnost i -te funkcije, j -tega sistema ($1 \leq j \leq m$)

s_{ij} – functionality of the i -th function in the j -th system ($1 \leq j \leq m$)

Na osnovi podatkov o utežeh zahtevanih funkcij sistema u_i in dejavnosti funkcij j -tega sistema s_{ij} je raziskovalna skupina lahko sestavila vsoto zmnožkov uteži in funkcionalnosti j -tega sistema:

On the basis of the relative weights of the system u_i and functionalities of functions of the j -th system s_{ij} , the research team made a sum of products of weights and functionalities of the j -th system:

$$u_1 \cdot s_{1j} + \dots + u_i \cdot s_{ij} + \dots + u_n \cdot s_{nj}$$

ki predstavlja koristnost j -tega sistema:

which is the benefit of the j -th system:

$$k_j = \sum_{i=1}^n u_i \cdot s_{ij}$$

k_j – koristnost j -tega ponujanega sistema.

k_j – benefit of the j -th system

Raziskovalna skupina je ugotovila, da je primerno izračun koristnosti ponujenih sistemov zapisati v pregledni matrični obliki. V ta namen je bilo treba sestaviti tri matrike, in sicer:

The research team found it useful for the calculated benefit of all treated systems to be clearly written in a matrix form. For this purpose the following three matrices had to be defined:

– matriko U uteži u_i , ki ima eno vrstico in n stolpcev:

– Matrix U of weights u_i , which has one line and n columns:

$$\mathbf{U} = [u_1, \dots, u_i, \dots, u_n]$$

- matriko \mathbf{S} funkcionalnosti s_{ij} ponujanih sistemov, ki ima n vrstic in m stolpcev:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_{11} & \dots & s_{1j} & \dots & s_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{i1} & \dots & s_{ij} & \dots & s_{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ s_{n1} & \dots & s_{nj} & \dots & s_{nm} \end{bmatrix}$$

- Matrix \mathbf{S} of functionalities s_{ij} of the treated systems, which has n lines and m columns:

- matriko \mathbf{K} koristnosti k_j ponujanih sistemov, ki ima eno vrstico in m stolpcev:

$$\mathbf{K} = [k_1, \dots, k_j, \dots, k_m]$$

- Matrix \mathbf{K} of benefit k_j of the treated systems, which has one line and m columns:

Po pravilu množenja matrik je tedaj matrika koristnosti ponujanih sistemov:

Using the rule of multiplying matrices we get the benefit matrix of the treated systems:

$$\mathbf{K} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S}$$

Z razvrstitvijo elementov matrike koristnosti \mathbf{K} raziskovalna skupina pride do ožje skupine treh do petih sistemov za podrobno izbiro.

By ranging elements of the benefit matrix \mathbf{K} , the research team can get the smaller group of three to five systems, which will be used in the final selection.

2.2 Podrobna izbira sistema PPS

Postopek fine izbire najprimernejšega sistema PPS se prične z izvedbo testov pri ponudnikih ožje skupine treh do petih sistemov in zapisovanjem točkovnih vrednosti izpolnjevanja zahtevanih funkcij s_{ij}^* .

Torej, za j -ti sistem ožje skupine je raziskovalna skupina sestavila n -terico števil s_{ij}^* točkovnih vrednosti izpolnjevanja zahtevanih funkcij sistema:

$$s_{1j}^*, \dots, s_{ij}^*, \dots, s_{nj}^*$$

kjer je s_{ij}^* lahko med 0 in 100 točk.

s_{ij}^* – točkovna vrednost izpolnjevanja i -te funkcije, j -tega sistema ožje skupine

Po podatkih o pomembnosti zahtevanih funkcij sistema u_i in točkovnih vrednostih izpolnjevanja funkcij j -tega sistema s_{ij}^* je skupina lahko sestavila vsoto zmnožkov pomembnosti in točkovnih vrednosti izpolnjevanja funkcij j -tega sistema:

$$u_1 \cdot s_{1j}^* + \dots + u_2 \cdot s_{2j}^* + \dots + u_n \cdot s_{nj}^*$$

ki pomeni koristnost j -tega sistema ožje skupine:

$$k_j^* = \sum_{i=1}^n u_i \cdot s_{ij}^*$$

k_j^* – koristnost j -tega sistema ožje skupine

Tudi pri podrobni izbiri je primeren izračun koristnosti ožje skupine sistemov mogoče zapisati v matrični obliki, v ta namen je treba sestaviti dve matriki, in sicer:

2.2 Final selection of the PPC system

The final selection of the optimal PPC system starts with tests of the systems from the smaller group at the bidders. Notes are made about the fulfilment of required functions s_{ij}^* .

For the j -th system of the smaller group the research team therefore made an n -tuple of numbers s_{ij}^* (fulfilment of the i -th function in the j -th system):

where s_{ij}^* can be between 0 and 100 points.

s_{ij}^* – fulfilment of the i -th function in the j -th system (smaller group)

The team made a sum of products of relative weights of the required functions u_i and fulfilment of functions of the j -th system s_{ij}^* :

which is the benefit of the j -th system of the smaller group:

k_j^* – benefit of the j -th system of the smaller group

During final selection of the PPC system, it is also useful to calculate the benefit of the smaller group in a matrix form; for this purpose it is necessary to form the following matrices:

- matriko S^* točkovnih vrednosti izpolnjevanja zahtevanih funkcij ožje skupine sistemov s_{ij}^* , ki ima n vrstic in tri oziroma pet stolpcev:

$$S^* = \begin{bmatrix} s_{11}^* & s_{12}^* & s_{13}^* & s_{14}^* & s_{15}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{i1}^* & s_{i2}^* & s_{i3}^* & s_{i4}^* & s_{i5}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{n1}^* & s_{n2}^* & s_{n3}^* & s_{n4}^* & s_{n5}^* \end{bmatrix}$$

- Matrix S^* for the fulfilment of the required functions s_{ij}^* in the pre-selected systems (the matrix has n rows and three to five columns):

- matriko K^* koristnosti k_j^* sistemov ožje skupine, ki ima eno vrstico in pet stolpcev:

$$K^* = [k_1^*, k_2^*, k_3^*, k_4^*, k_5^*]$$

- Matrix K^* for the benefit k_j^* of the treated systems (the matrix has one row and five columns):

Po pravilu množenja matrik je tedaj matrika koristnosti ožje skupine sistemov:

Using the rule of multiplying matrices we get the benefit matrix of the smaller group:

$$K^* = U \cdot S^*$$

Z razvrščanjem elementov matrike koristnosti K^* raziskovalna skupina končno pride do najprimernejšega oziroma optimalnega sistema PPS:

By ranking the elements of benefit matrix K^* , the research team finally arrives at the optimal PPC system:

$$k_{opt}^* = \max_{j=1..5} \{k_j^*\}$$

V nadaljevanju bo prikazan primer izbire optimalnega sistema PPS.

The following is a sample case of optimal PPC system selection.

3 PRIMER IZBIRE SISTEMA PPS

3 SAMPLE CASE OF PPC- SYSTEM SELECTION

Podjetje, ki se je odločilo za izbiro optimalnega komercialnega sistema PPS, je proizvajalec ključavnic in okovja.

The company which decided to select the optimal commercial PPC system produces locks and metal parts.

Ko je poslovno vodstvo analiziralo sedanji sistem načrtovanja in krmiljenja proizvodnje, je ugotovilo naslednje pomanjkljivosti sistema:

When the company management analysed the current PPC system they found the following key problems:

- ni enotne baze podatkov,
- ni sprotnih povratnih informacij,
- reševanje nalog načrtovanja in krmiljenja proizvodnje je le delno računalniško podprto,
- časi izvedbe nalog so predolgi,
- dogovorjeni roki so pogosto prekoračeni.

- there is no uniform database,
- there is no real-time feedback information,
- PPC system tasks are only partially computer-aided,
- execution of tasks takes too much time,
- agreed terms are often exceeded.

V fazi priprave na izbiro sistema PPS je poslovno vodstvo z izvedbo delavnice ustvarjalnosti prišlo do pričakovanih ciljev izbire in uvedbe novega sistema PSS, in sicer:

In the preparatory phase of the PPC system selection the management organised a creativity workshop and got the expected goals of selection and implementation of the new PPC system:

- enotne baze podatkov,
- sistemskega postopka dopolnjevanja sedanjih baz podatkov,
- tekočega spremljanja in nadzora naročil,
- brezpogojnega izpolnjevanja dogovorjenih rokov,
- krajšega pretočnega časa naročil,
- preglednosti stanja zmogljivosti.

- uniform database,
- systematic approach to the current databases upgrade,
- continuous monitoring and supervision of orders,
- unconditional fulfilment of agreed terms,
- shorter flow times of orders,
- transparent state of resources.

Na temelju analize pričakovanih ciljev se je poslovno vodstvo odločilo za oddelke in dejavnosti, ki bodo vključene v novi sistem, in to:

Based on the analysis of the expected goals, the management decided that the following departments be included in the new system:

- razvoj proizvodov, ki mora s svojimi novostmi

- development department – it should provide new

- zagotoviti izdelke, ki bodo konkurenčni na trgu,
- konstrukcijo, ki mora pri svojem delu upoštevati sedanje zmogljivosti podjetja,
- tehnologijo, ki mora načrtovati takšne tehnološke postopke, ki bodo zagotavljali kakovost in gospodarnost,
- pripravo proizvodnje, ki mora zagotoviti največji pretok naročil,
- proizvodnjo, ki mora izvesti naročila ob pravem času, v pravi količini in zahtevani kakovosti,
- skladišča, ki morajo biti organizirana tako, da bo v njih čim manj materiala, da pa nikoli ne bo prišlo do pomanjkanja.

Po daljši razpravi je poslovno vodstvo določilo tudi naloge, ki naj bi jih reševal novi sistem PPS:

- načrtovanje prvinskih potreb glede na prejeta naročila ter napovedi,
- načrtovanje materialnih potreb za nemoteno izvedbo prvinskih potreb,
- pretočno terminiranje naročil glede na dogovorjene dobavne roke,
- izravnava zmogljivosti, za katere se načrtuje prevelika obremenjenost,
- sprejem naročil glede na dogovorjena prednostna pravila,
- podrobno terminiranje naročil glede na dogovorjene roke in razpoložljivost zmogljivosti,
- zbiranje podatkov o izvedenih naročilih,
- nadzor proizvodnje, ki poskrbi za tekočo primerjavo NAJ/JE podatkov o izvedbi naročil in pripravi predloge ukrepov.

Nazadnje se je poslovno vodstvo odločilo, da bo treba pri izbiri novega sistema PPS upoštevati naslednje omejitve:

- stroški nakupa strojne in programske opreme novega sistema PPC so omejeni,
- dobavitelj programske opreme mora imeti v Sloveniji pooblaščenega zastopnika,
- dobavitelj programske opreme mora imeti v Sloveniji najmanj eno referenco,
- v izbiro naj bodo vključeni le komercialni sistemi, ki ustrezajo tipu proizvodnje podjetja.

Na predlog poslovnega vodstva je bila oblikovana sedemčlanska projektna skupina, ki naj poskrbi za izbiro novega sistema PPS.

Projektna skupina je pričela postopek grobe izbire sistemov PPS.

Najprej se je seznanila z literaturo, ki daje pregled nad razpoložljivimi funkcijami ponudnikov komercialnih sistemov [2] in na podlagi zbranih podatkov oblikovala katalog največje zmogljivosti ponujenih sistemov. Katalog je poslala vodjem služb, ki bodo vključene v novi sistem, s prošnjo, da za vsako dejavnost ocenijo pomembnost funkcije, in to z enim od predlaganih simbolov (nujno potrebna ++; potrebna +; koristna 0; nepotrebna -).

competitive products,

- design department – it should take into account the current resources of the company,
- technology department – it should plan technological procedures that will provide quality and efficiency,
- production prepare – it should provide maximum flow of orders,
- production – it should process the orders at the right time, in the right quantity and of the required quality,
- warehouses – they should be organised in such a way that there is a minimum amount of material in them, yet there should never be a problem of shortages.

After a lengthy discussion the management defined the tasks which should be solved by the new PPC system:

- planning primary needs with respect to obtained orders and prognoses,
- planning material needs for undisturbed fulfilment of primary needs,
- flow termination of orders according to agreed delivery terms,
- resources levelling where too high a load is expected,
- releasing orders according to agreed priority rules,
- fine termination of orders in accordance with agreed terms and available resources,
- data acquisition of processed orders,
- production control, which should make continuous comparisons of the reference and actual data about accomplishment of orders and preparation of proposed measures.

Finally the company management decided that the following restrictions should be taken into account when selecting the new PPC system:

- costs for the hardware and software of the new PPC system are limited,
- supplier of software should have an authorised representative in Slovenia,
- supplier of software should have at least one referential installation,
- the selection should take into account only the commercial systems, appropriate for the given production type.

The company management formed a seven-member project team for selection of the new PPC system.

The project team started with the PPC system pre-selection procedure.

First it made an overview of the literature which lists available functions of the commercial PPC systems [2] and on the basis of the data obtained it formed a catalogue of the maximum performance of available systems. The catalogue was sent to the heads of departments which will be included in the new system; each function should have been assigned a symbol according to its importance (absolutely needed ++, needed +, useful 0, useless --).

Prejete odgovore vodij služb je projektna skupina pregledala, uskladila in po izločitvi nepotrebnih funkcij prišla do hierarhičnega strukturnega načrta in kataloga zahtevanih funkcij novega sistema PPS, katerega izsek prikazuje preglednica 1.

The project team overviewed the answers obtained, harmonised them, and after the elimination of useless functions formed a hierarchical structural plan and a catalogue of required functions of the new PPC system (part of it is shown in Table 1).

Preglednica 1. Katalog zahtevanih funkcij novega PPS-sistema
Table 1. Catalogue of required functions of new PPC system

Zahtevane funkcije novega sistema PPS/ Required function of the new system $i = 1, 2, \dots, 64$	OPIS ZAHTEVANIH FUNKCIJ/ DESCRIPTION OF FUNCTIONS	POMEMBNOSTI FUNKCIJ/ IMPORTANCE OF FUNCTIONS		
		++	+	0
f_1	Ponudbena kalkulacija/ Bid calculation	●		
f_2	Srednja vrednost/ Mean value	●		
f_3	Gibljiva povprečja/ Moving averages		●	
f_4	Simuliranje/ Simulation		●	
f_5	Hevristični postopki/ Heuristic procedures			●
·	·			
·	·			
f_{62}	Zaščita z gesli/ Password protection	●		
f_{63}	Shranjevanje podatkov/ Backup	●		
f_{64}	Pomoč pri zagonu/ Start help		●	

Da bi zainteresirani ponudniki komercialnih sistemov PPS lahko sestavili ustrezne ponudbe, jim je vodja projekta dostavil:

- spisek od poslovnega vodstva postavljenih omejitev, katerih brezpogojno izpolnjevanje je pogoj za pripravo ponudbe,
- katalog zahtevanih funkcij novega sistema z ocenami pomembnosti funkcij,
- spisek podatkov o podjetju (tip proizvodnje, število in dimenzija kosovnic, število tehnoloških postopkov, največje število operacij).

Ponudnikom je bil sporočen tudi rok sprejemanja ponudb ter ime osebe za stike.

V predpisanem roku je podjetje prejelo sedem ponudb komercialnih sistemov PPS z natančnim pregledom izpolnjevanja oziroma neizpolnjevanja zahtevanih funkcij sistema.

Na temelju podatkov vseh sedmih ponudnikov komercialnih sistemov je vodja projekta sestavil matriko funkcionalnosti ponujenih sistemov, katere del prikazuje preglednica 2.

Nadaljnja naloga projektne skupine je bila prireditve uteži funkcijam. Za izvedbo te naloge je bila uporabljena metoda primerjave parov [5] ob upoštevanju ocen pomembnosti zahtevanih funkcij, zbranih v preglednici 1.

Poznani matriki prireditve pomembnosti zahtevanim funkcijam novega sistema PPS U in

The project head sent the following data to the potential bidders of commercial PPC systems so that they could make suitable bids:

- list of limitations (defined by the company management) which should be unconditionally fulfilled by the bidders,
- catalogue of required functions of the new system together with the importance of the functions,
- list of data of the company (production type, number and dimension of bills of material, number of technological procedures, maximum number of operations).

Bidders also received the term for acceptance of bids and the name of the contact person.

In due time the company received seven bids of commercial PPC systems with a detailed overview regarding the fulfilment of required system functions.

Based on the data from all seven bidders of commercial systems the project head composed a matrix of functionalities of the bid systems; part of it is shown in Table 2.

The next task of the project team was to assign relative weights to the functions. This task was carried out using a pair comparison method [5], together with taking into consideration the estimates of importance of the required functions, stated in Table 1.

The known matrix U of relative weights of the new PPC system functions, and matrix S of

Preglednica 2. Matrika funkcionalnosti ponujanih sistemov PPS
Table 2. Matrix of functionalities of the bid PPC systems

Zahtevane funkcije novega sistema PPS/ Required function of the new system $i = 1, 2, \dots, 64$	OPIS ZAHTEVANIH FUNKCIJ/ DESCRIPTION OF FUNCTIONS	PONUDNIKI SISTEMOV PPS/ BIDDERS OF PPC-SYSTEM $j = 1, 2, \dots, 7$						
		PPC ₁	PPC ₂	PPC ₃	PPC ₄	PPC ₅	PPC ₆	PPC ₇
		s_{i1}	s_{i2}	s_{i3}	s_{i4}	s_{i5}	s_{i6}	s_{i7}
f_1	Ponudbena kalkulacija/ Bid calculation	0	1	1	1	1	1	1
f_2	Srednja vrednost/ Mean value	1	0	0	1	0	0	1
f_3	Gibljava povprečja/ Moving averages	0	0	1	1	0	0	0
f_4	Simuliranje/ Simulation	0	0	0	1	0	1	1
f_5	Hevristični postopki/ Heuristic procedures	0	0	0	0	0	0	0
⋮	⋮							
f_{62}	Zaščita z gesli/ Password protection	0	0	1	0	0	0	1
f_{63}	Shranjevanje podatkov/ Backup	1	1	1	1	1	1	1
f_{64}	Pomoč pri zagonu/ Start help	1	0	1	1	0	1	1

Preglednica 3. Matrika koristnosti ponujanih sistemov PPS (groba izbira)
Table 3. Matrix of benefit of bid PPC systems (pre-selection)

Zahtevane funkcije novega sistema PPS/ Required function of the new system $i = 1, 2, \dots, 64$	OPIS ZAHTEVANIH FUNKCIJ/ DESCRIPTION OF FUNCTIONS	Pomembnost zahtevanih funkcij/ Weights of required functions u_i	PONUDNIKI SISTEMOV PPS/ BIDDERS OF PPC-SYSTEM $j = 1, 2, \dots, 7$						
			PPC ₁	PPC ₂	PPC ₃	PPC ₄	PPC ₅	PPC ₆	PPC ₇
			s_{i1}	s_{i2}	s_{i3}	s_{i4}	s_{i5}	s_{i6}	s_{i7}
f_1	Ponudbena kalkulacija/ Bid calculation	0,0520	0	0,0520	0,0520	0,0520	0,0520	0,0520	0,0520
f_2	Srednja vrednost/ Mean value	0,0195	0,0195	0	0	0,0195	0	0	0,0195
f_3	Gibljava povprečja/ Moving averages	0,0098	0	0	0,0098	0,0098	0	0	0
f_4	Simuliranje/ Simulation	0,0020	0	0	0	0,0020	0	0,0020	0,0020
f_5	Hevristični postopki/ Heuristic procedures	0,0195	0	0	0	0	0	0	0
⋮	⋮								
f_{62}	Zaščita z gesli/ Password protection	0,0030	0	0	0,0030	0	0	0	0,0030
f_{63}	Shranjevanje podatkov/ Backup	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
f_{64}	Pomoč pri zagonu/ Start help	0,0020	0,0020	0	0,0020	0,0020	0	0,0020	0,0020
		$\sum_{i=1}^{64} u_i = 1,000$							
		$k_j = \sum_{i=1}^{64} (u_i \cdot s_{ij})$	0,7829	0,5173	0,5958	0,8714	0,6971	0,7193	0,64533
STOPNJA PONUJANIH SISTEMOV PPS/ RANK OF THE BIDDEN PPC-SYSTEMS			2.	7.	6.	1.	4.	3.	5.

funktionalnosti ponujanih sistemov S sta omogočili izračun elementov matrike koristnosti ponujanih sistemov, saj je:

$$K = U \cdot S$$

Del rezultatov izračuna matrike koristnosti sedmih ponujanih sistemov prikazuje preglednica 3.

Po razvrščanju ponujanih sistemov PPS glede na doseženo koristnost je projektna skupina ugotovila, da dosega prvo mesto sistem PPS_4 , drugo PPS_1 in tretje PPS_6 in da ti sistemi pomenijo ožjo skupino za fino izbiro.

Po odločitvi za ožjo skupino sistemov je projektna skupina v povezavi s ponudniki ožje skupine sistemov pripravila načrt izvedbe testov pri posameznem ponudniku. Med izvedbo testov so člani skupine zapisovali prednosti in pomanjkljivosti posameznega sistema oziroma zapisovali točkovne vrednosti izpolnjevanja zahtevanih funkcij posameznega sistema ožje skupine. Sistem, ki je najbolj izpolnjeval določeno funkcijo, je dobil 100 točk, preostala dva sistema pa sta dobila kazenske točke.

Po izvedenih testih pri ponudnikih ožje skupine sistemov, je bilo organizirano skupinsko usklajevanje doseženih točkovnih vrednosti izpolnjevanja funkcij članov skupine in to po metodi dajanja točk [3].

Znani matriki doseženih točkovnih vrednosti izpolnjevanja funkcij ožje skupine sistemov S^* in prireditve pomembnosti zahtevanim funkcijam novega sistema U sta omogočili izračun elementov matrike koristnosti ožje skupine sistemov, saj je:

$$K^* = U \cdot S^*$$

Del rezultatov izračuna matrike koristnosti treh sistemov ožje skupine prikazuje preglednica 4.

Z razvrščanjem ožje skupine sistemov PPS glede na doseženo koristnost se je projektna skupina nazadnje odločila, da poslovnemu vodstvu predlaga, naj se odloči za nakup in uvedbo komercialnega sistema PPS_4 , ki izkazuje največjo koristnost.

4 SKLEPI

V prispevku je prikazana osnovna zamisel projekta izbora sistema PPS, ki sestoji iz dveh podprojektov in to podprojekta izvedbe pripravljajalnih del ter podprojekta same izbire najprimernejšega sistema PPS. Posebna pozornost je dana izvedbi načrtovanih dejavnosti grobe in podrobne izbire sistema, ki naj podjetja vodijo od množice ponujanih komercialnih sistemov do najprimernejšega sistema za podjetje.

Testiranje načrtovanega postopka izvedbe grobe in podrobne izbire sistema PPS je pokazalo, da izbire ne more izvesti posameznik, temveč se zahteva ustvarjalno skupno delo skupine najodgovornejših delavcev podjetja.

Končna razprava članov skupine o projektu izbire za podjetje najprimernejšega sistema PPS je pokazala, da ni dovolj le izbrati pravi sistem temveč, da je treba izbrani sistem tudi uspešno uvesti in zato bo treba v prihodnosti projekt izbora sistema razširiti z dejavnostmi izvedbe in testnega delovanja izbranega sistema.

functionalities of the bidden systems enabled the calculation of benefit matrix elements:

Partial results of the benefit matrix calculation for the seven treated systems are shown in Table 3.

By ranging the bidden systems according to achieved benefit, the project team found the PPC_4 system to be in first place, the PPC_1 in second and the PPC_6 in third. These systems were included in the final selection.

After the pre-selection the project team (together with the bidders) made a plan for tests at each bidder. During tests the project team members made notes about the advantages and drawbacks of the systems tested. The system which best fulfilled a particular function got 100 points while other two systems got penalty points.

After the tests had been completed the project team harmonised the points obtained for the fulfilment of particular functions using the points assignment method [3].

The matrix S^* of the fulfilment marks of functions, and the assignment of relative weights to the required functions U , enabled the calculation of the elements of the benefit matrix of the treated systems:

Partial results of the matrix calculation are shown in Table 4.

By ranking the pre-selected systems according to the obtained benefit, the project team finally decided that the company should buy the PPC_4 system, which had the highest benefit.

4 CONCLUSIONS

The paper presents the basic concept of the PPC system selection project, consisting of two sub-projects: setup works and selection of the optimal PPC system. Special attention has been paid to pre-selection and final selection activities; these should reduce the large variety of available commercial systems and guide the company to the optimal system.

A test of the PPC system pre-selection and final selection procedure has proven that selection cannot be made by a single person – selection requires the creative team work of the most responsible company employees.

Final discussion of the team members regarding the selection of an optimal PPC system has revealed that it is not enough to select the right system – the selected system should be successfully implemented and therefore it will be necessary to improve the selection procedure with implementation activities and the test use of the selected system.

Preglednica 4. Matrika koristnosti ožje skupine sistemov PPS (fina izbira)
 Table 4. Matrix of benefit of pre-selected PPC systems (final selection)

Zahtevane funkcije novega sistema PPS/ Required function of the new system $i = 1, 2, \dots, 64$	OPIS ZAHTEVANIH FUNKCIJ/ DESCRIPTION OF FUNCTIONS	Pomembnosti zahtevanih funkcij/ Weights of required functions u_i	OŽJA SKUPINA SISTEMOV PPS/ PRE-SELECTED PPC-SYSTEMS $j = 1, 4, 6$					
			PPC ₁		PPC ₄		PPC ₆	
			s_{i1}^*	$u_i \cdot s_{i1}^*$	s_{i4}^*	$u_i \cdot s_{i4}^*$	s_{i6}^*	$u_i \cdot s_{i6}^*$
f_1	Ponudbena kalkulacija/ Bid calculation	0,0520	-	0	80	4,1600	70	3,6400
f_2	Srednja vrednost/ Mean value	0,0195	80	1,5600	100	1,9500	-	0
f_3	Gibljiva povprečja/ Moving averages	0,0098	-	0	80	0,7840	-	0
f_4	Simuliranje/ Simulation	0,0020	-	0	100	0,2000	100	0,2000
f_5	Hevristični postopki/ Heuristic procedures	0,0195	-	0	-	0	-	0
.	.							
f_{62}	Zaščita z gesli/ Password protection	0,0030	-	0	-	0	-	0
f_{63}	Shranjevanje podatkov/ Backup	0,0048	100	0,4800	100	0,4800	100	0,4800
f_{64}	Pomoč pri zagonu/ Start help	0,0020	70	0,1400	100	0,2000	80	0,1600
		$\sum_{i=1}^{64} u_i = 1,000$						
		$k_j = \sum_{i=1}^{64} (u_i \cdot s_{ij})$		54,62		82,86		68,75
RANG PONUJANIH SISTEMOV PPS/ RANK OF THE BIDDED PPC-SYSTEMS			3.		1.		2.	

5 LITERATURA
5 REFERENCES

- [1] Roos, E.(1992) Marktspiegel PPS-Systeme auf dem Prüfstand. *Verlag TÜV Köln*.
 [2] Fandel, G., Francois, P., K. Gubitz, (1997) PPS-Systeme. *Springer Verlag, Berlin*.
 [3] Schlicksupp, H. (1977) Kreative Ideenfindung in der Unternehmung. *WDEG Berlin, New York*.
 [4] Turner, J.R. (1997) The Handbook of Project-Based Management. *The McGraw.Hill Companies, London*.
 [5] Rinza, P., H. Schmitz (1992) Nutzwert-Kosten-Analyse. *VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf*.
 [6] Starbek, M., D. Menart (1994) Influence of production flow analysis on lead times. *Manufacturing Systems, Aachen*.

Naslov avtorjev: prof.dr. Marko Starbek
 prof.dr. Janez Grum
 Fakulteta za strojništvo
 Univerze v Ljubljani
 Aškerčeva 6
 1000 Ljubljana

Authors' address: Prof.Dr. Marko Starbek
 Prof.Dr. Janez Grum
 Faculty of Mechanical Eng.
 University of Ljubljana
 Aškerčeva 6
 1000 Ljubljana, Slovenia

Prejeto: 4.2.2000
 Received:

Sprejeto: 5.4.2000
 Accepted: