

FRI-ONLINE-1-EM1-04

PRODUCTION PLANNING AS KEY ELEMENT FOR THE OPERATIONAL EFFECTIVENESS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES^{7 8}

Plamen Penchev – PhD Student

Department of Business and Management,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 887809210
E-mail: prpenchev@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Pavel Vitliemov, PhD

Department of Business and Management,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 888566362
E-mail: pvitliemov@uni-ruse.bg

Abstract: *This article presents the main concepts of the production planning and reviews the organizational benefits which industrial entities could achieve by its proper utilization. As nowadays companies from various industries worldwide are striving to constantly improve their processes, profits and market share, gain competitive advantages, achieve sustainable business practices while at the same time coping with growing challenges and costs, it is critical for them to have an efficient and proven production planning process that can improve their operational effectiveness. The current article overviews the main planning aspects – production and operational planning (scheduling) and control, as well as the operational effectiveness of industrial enterprises. Several production planning limitations and future research recommendation are presented too.*

Keywords: *production planning / operational planning (work schedule) / operational effectiveness / models /*

JEL Codes: *L10, L11*

ВЪВЕДЕНИЕ

Сред ранните приложения на практическите модели за оптимизация е планирането на производството. Линеината оптимизация се използва от самото начало при планиране на различни промишлени операции, транспорт и др. В почти всички тези ранни приложения, определени несигурности и променливости не са взети под внимание, въпреки че винаги присъстват в тях. Планирането обаче изисква специфични данни и това поставя проблема как да се представят несигурни събития. Освен това планирането обикновено се извършва в различни хоризонти за вземане на решения: средносрочното тактическо планиране се извършва например с месечна честота, докато краткосрочното оперативно планиране обикновено се извършва със седмична или дневна честота. Доста често тактическото планиране определя необходимостта от суровини и ресурси, които трябва да бъдат закупени предварително, което налага някои ограничения на корекциите, които могат да бъдат направени по-късно на оперативно ниво, когато несигурността ще се прояви. Всъщност в краткосрочен план някои от решенията, приети в етапа на планиране, са фиксирани и те се превръщат в ограничения за по-късни решения (Alvarez, P. et al., 2019).

В случай че събитията се развият по различен начин от сценария, който се предполага в тактическия план, това може да доведе до несъответствия, които да генерират невъзможност за изпълнение или допълнителни разходи. Разбира се, планировчиците желаят да оценят

⁷ Докладът е представен на научна сесия на 29.10.2021 в секция „Икономика и мениджмънт 1“ с оригинално заглавие на български език: ПРОИЗВОДСТВЕНОТО ПЛАНИРАНЕ КАТО КЛЮЧОВ ЕЛЕМЕНТ НА ОПЕРАТИВНАТА ЕФЕКТИВНОСТ В ИНДУСТРИАЛНИТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ.

⁸ Проучването е в рамките на проект 2021-БМ-01 „Изследване адаптацията на бизнес системи към условията на динамично променяща се среда“, финансиран от ФНИ на РУ „Ангел Кънчев“.

въздействието на тази ситуация предварително, когато правят тактическото планиране (Alvarez, P. et al., 2019).

В допълнение способността на планировчиците да действат и да реагират на тези неочаквани събития често е ограничена. Вземането на решения, които не се основават на надеждна база данни, води до некоординирани ръчни интервенции и следователно до неефективност, неопределени и неуправляеми процеси. Различни трудности на ниво цех водят до увеличаване на спешните поръчки и до големи отклонения във времето за изпълнение. В дългосрочен план се стига и до значителното влошаване на датите за доставка. Често използван подход е да се компенсира този ефект с по-ранни пускания на поръчки. Този вид противодействие обаче води до повишаване на запасите, пренатоварване на ресурсния капацитет и увеличаване на времето за изпълнение. Вътрешната динамика се увеличава и ефектът се усилва допълнително. Следователно тенденцията за влошаване на датите за доставка се засилва и производителността намалява експоненциално (Glawar, R. et al., 2018).

Но в условията на нарастваща глобална конкуренция с все по-силен ценови натиск, кратките срокове за изпълнение и високата надеждност при спазването на крайните срокове се превръщат в централни фактори за диференциация. По-специално в производството, ориентирано към клиента, планировчиците трябва да се уверят, че всички поръчки, частите и групите за сглобяване са планирани за машините по такъв начин, че да отговарят на крайния срок на клиента. Трябва да се вземат предвид и редица други фактори, като например времената за настройка и за транспортиране, изчакванията и натрупаните поръчки, текущата ситуация с капацитета (Glawar, R. et al., 2018).

С оглед на всички тези потенциални проблеми, правилният подход и изпълнение на производственото планиране е от съществено значение за оперативната ефективност на индустриалните предприятия.

Целта на настоящият доклад е да представи основните концепции в производственото планиране – производственото и оперативното планиране и контрол и ограниченията при производственото планиране – както и ролята им за повишаване на оперативната ефективност в индустриалните предприятия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Оперативна ефективност

Днес голяма част от ръководителите в индустрията залагат на управленските техники, които биха могли да направят организациите по-ефективни. Стремещт към ефективност изисква набор от инструменти, като например съкращаване, аутсорсинг, реинженеринг и качество. Опитите да се намалят разходите, да се подобрят процесите и да се минимизират грешките са важни, като сами по себе си те могат лесно да доведат до по-висока ефективност на организацията, но въщевременно и до липса на релевантност. Често компаниите вършат добре това, което принципно не бива да правят. Казано по друг начин, стратегията е вероятно по-необходима и по-пренебрегвана от ефективността. Като цяло организациите реагират, както и другите живи системи, на натиска в момента. Заети със задачата за оцеляване в настоящето, организациите нямат ресурси, за да обмислят внимателно бъдещето. Липсва им и волята да планират дългосрочно. Редица сблъскващи се сили могат да доведат до това, което е изглеждало неизбежно, да стане възможно доста скоро. Резултатът отново е концентрация върху ефективността, извършване на днешната работа възможно най-добре и изместване на фокуса от бъдещето (Secor, J. et al., 1998).

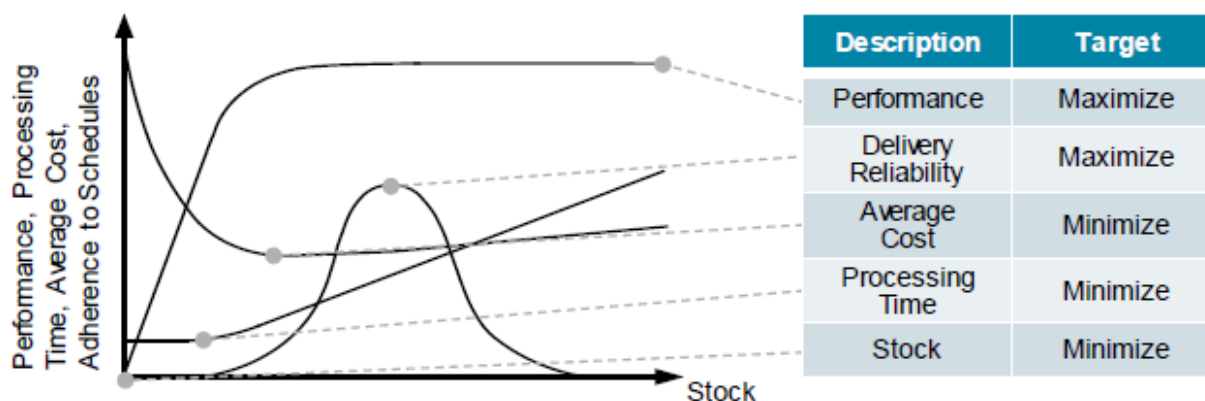
Организационната ефективност сама по себе си е ключова за множество организации. Като част от нея оперативната ефективност се състои от определени съставни елементи. Ефективността на бизнеса обикновено се подобрява чрез непрекъснато усъвършенстване. Постоянното предоставяне на „перфектното клиентско изживяване“ зависи от процесите и практиките в дадената организация. Те от своя страна се оптимизират чрез среда на непрекъснато усъвършенстване, където мениджърите насърчават персонала си да

идентифицира и подобрява предоставянето на продукти и услуги. Когато подобряването на ефективността е спорадична дейност, организациите трудно поддържат своята последователност, което води до променливи нива на обслужване на клиентите. В организациите с най-добри практики, непрекъснатото усъвършенстване, основано на данни, води до подобрени бизнес резултати в цялата организация. За да се постигне тази оперативна ефективност, организациите използват редица методи, при които изпълнението се подкрепя от формални инструменти и техники. Те могат да включват сравнителен вътрешен анализ, в рамките на определена индустрия, или в различни отрасли (Clark, M., 2006).

Все по-нарастващите изисквания на клиентите водят до разнообразие на продуктите, което от своя страна увеличава сложността на продуктите и процесите и оказва натиск върху разходите. По този начин производителите трябва да могат да управляват сложността и да подобрят прозрачността, за да установят насочени към целите процеси за подобряване, и да останат конкурентоспособни. Системите за управление на ефективността позволяват на компаниите да определят обобщени количествени изображения на текущата ситуация, като така създават основа за подобряване и процеси на вземане на решения. Следователно ключовите показатели на представяне (KPI) трябва да се използват последователно при анализиране на текущите процеси и начина, по който те се управляват и контролират (Varisco, M. et al., 2018).

Текущото развитие на цифровизацията дори увеличава значението на KPI. На първо място внедряването на сензори и вградени системи, както и разпространението на свързаността на оборудването и цифровите работни потоци позволяват на компаниите да събират данни с по-малко усилия и в реално време. Второ, по-нататъшното развитие на анализа на данни позволява те да се анализират и интерпретират. Това води до технологичен тласък на KPI в производствените и бизнес процеси. Освен наличието на технологии за икономически ефективно определяне на KPI, организационната рамка трябва да бъде настроена така, че да използва KPI ефективно и ефикасно през целия жизнен цикъл на фирмата (Varisco, M. et al., 2018).

Съществува обаче разлика между обективни и формални цели. Обективната цел е да се определи допустимо (реализуемо) производство. Формалните цели, от друга страна, определят предпочитаните допустимите решения. Едно от основните предизвикателства е, че тези цели обикновено се припокриват или са в конфликт помежду си. Като цяло максимизирането на рентабилността се разглежда като основна цел на производството. Тази цел обаче не е напълно ясна или по-скоро двусмислена. Липсата на цялостен математически оптимум на различните подцели е един от централните проблеми при оптимизирането на производствените системи или техните процеси на планиране (Jorpen, R. et al., 2019). Този конфликт на целите е илюстриран във фиг. 1.



Фиг. 1. Конфликтни цели в производственото и оперативното планиране (Jorpen, R. et al., 2019)

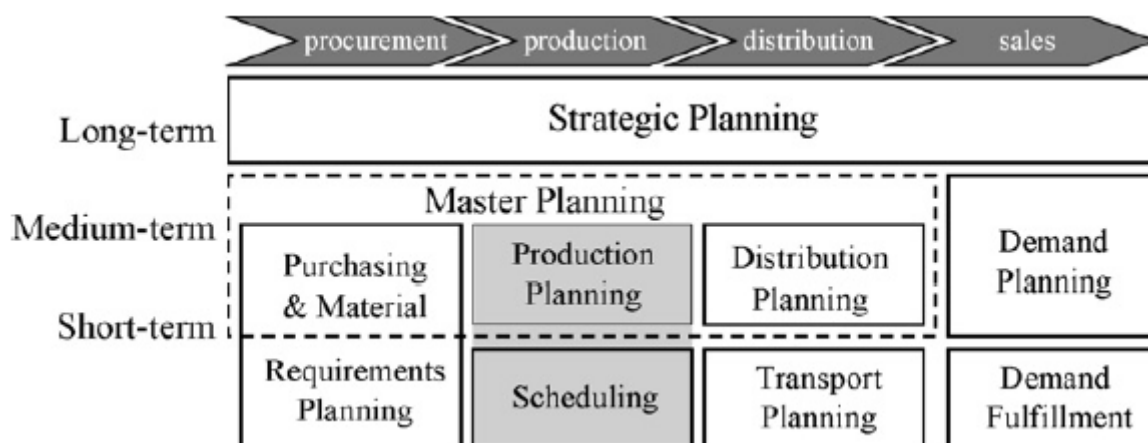
Производствено и оперативно планиране

Планирането на производството и оперативното планиране (производствения график) принадлежат към различни нива на вземане на решения в технологичните операции, но те също са и тясно свързани, тъй като резултатът от производственото планиране представлява производствената цел на оперативното планиране. В индустриалните предприятия често използваната стратегия за вземане на решения за производственото и оперативното планиране обикновено следва йерархичен подход, при който проблемът с планирането на производството се решава първо, за да се определят производствените цели, а проблемът с оперативното планиране се решава, за да се постигнат тези цели. Съществува обаче недостатък в тази традиционна стратегия, тъй като няма взаимодействие между двете нива на вземане на решения, т.е. генерираните решения от производствено планиране могат да причинят невъзможни за решаване подпроблеми за оперативното планиране. На ниво планиране на производството ефектите от смяната и ежедневните инвентаризации се пренебрегват, което има тенденция да дава оптимистични оценки, които не могат да бъдат реализирани на ниво производствен график, т.е. решение, определено на ниво производствено планиране, не води непременно до осъществими графици. Освен това оптималността на решението за планиране не може да бъде гарантирана, тъй като проблемът с нивото на планиране на производството може да не осигури точна оценка на производствените разходи, която трябва да бъде изчислена от подробни задачи, определени от проблема с оперативното планиране (Li, Z. et al., 2010).



Фиг. 2. Производствено (стратегическо) и оперативно (бизнес) планиране (Svilenov, Z., 2012)

Планирането на производството и оперативното планиране съпоставят натоварването на една фабрика с нейния капацитет в различни времеви хоризонти и нива на детайлност. Проблемите при производственото и оперативното планиране се различават по техния график, детайлност на моделите на ресурси и дейности, и по техните критерии за оптимизация. Двете нива на планиране са силно свързани, тъй като производственото планиране поставя целите, както и ресурсните и времевите ограничения за оперативното планиране. От друга страна оперативното планиране е отговорно за разгръщането на план в подробни задания на ресурси и операционни последователности. Никоя стратегия за производствено планиране не може да бъде подобрена значително при неадекватен план, докато лошата стратегия за оперативно планиране, която губи ресурси, може да попречи на изпълнението на един добър план. Всичко това прави проблемът на оперативно и производствено планиране изключително сложен и труден за решаване. Същевременно този проблем изисква ефективни методи за подпомагане на вземането на решения и интуитивни, гъвкави модели с бързи и надеждни техники на решение (Váncza, J. et al., 2004).



Фиг. 3. Производствено и оперативно планиране (scheduling) (Maravelias, C. et al., 2009)

Идеята за съвместно планиране на производството е въведена преди почти петдесет години, с цел да се реагира на колебанията в поръчките на продукти чрез ясен математически модел, който използва обща мярка за работа, изисквана от различните поръчки. Впоследствие са разработени редица теоретични модели, които обединяват отделни операции, изискващи едни и същи ресурси, в различни съвкупни дейности (Váncza, J. et al., 2004).

Следователно е важно и необходимо да се разработят методологии, които да могат ефективно да интегрират производственото и оперативното планиране. Въпреки това, тъй като те се занимават с различни времеви мащаби, основното предизвикателство за интеграцията се крие в големия размер на получения модел за оптимизация. Пряк начин за решаване на проблемите на интегрираното и оперативното планиране е да се формулира единствен модел за едновременното им планиране, който обхваща целия разглеждан хоризонт на планиране. Въпреки това, когато се вземат предвид типичните хоризонти за планиране, размерът на този подробен модел става неразрешим поради потенциалното експоненциално увеличение на времето за изчисление. За да се преодолее тази трудност, по-голямата част от научните изследвания има за цел да намали мащаба на проблема чрез различни видове методологии за намаляване на проблемите и разработване на ефективни стратегии за намиране на решение (Li, Z. et al., 2010).

Подобно т.нар. агрегирането може да се разглежда като процес, който осигурява съпоставяне между моделите за производствено и оперативно планиране. Следователно разрешението на даден проблем има съществено въздействие както върху планирането на производството, така и върху оперативното планиране. Главните изисквания към агрегирането са:

- Планирането на производството трябва да спазва основните времеви ограничения на поръчките (срокове) и ограниченията на капацитета на ресурсите на предприятието.

- Производствените планове трябва да могат да се развиват в изпълними графици. Планирането също така трябва да обработва приоритетните отношения, които произтичат от сложните продуктови структури (например възли) и технологичните маршрути.

- Проблемите с разпределянето на ресурси с ограничен капацитет и приоритет като цяло обаче са изключително трудни за решаване. Поради агрегирането, типичните случаи на проблеми при планирането трябва да са с размера и сложността, които могат да бъдат решавани ефективно.

- Моделите за производствено и оперативно планиране трябва да бъдат изградени, като се използват общи данни за продуктите и производството (например спецификации за материали, маршрути, ресурси). Отворените поръчки трябва да се разглеждат и на двете нива.

- Въпреки това поради разликите между двата модела на планиране (производствен и оперативен) агрегирането може да въведе нови ограничения, които изкривяват

първоначалния проблем. Ефектът от такива ограничения следва да бъде възможно най-малък (Váncza, J. et al., 2004).

Производствено планиране и контрол

Планирането и контролът на производството са главният елемент на производствената програма и са отговорни за осигуряването на наличността на всички материали, част от монтажа в точното време, на точното място и в правилните количества, с цел да се даде възможност за напредък на операциите съгласно предварително определените графици при минимално възможни разходи. Тази функция е част от производствената система. Производственото планиране и контрол работи с поръчки, производство и управление на програми, за да разработи планове за изпълнение на изискванията на клиентите. Планирането на производството е динамично и винаги остава в гъвкаво състояние, тъй като може да се наложи да се променят плановете в зависимост от промените в обстоятелствата (Kiran, D., 2019).



Фиг. 4. Интеграция на функциите за планиране и контрол на производството (Glawar, R. et al., 2018)

Цялостното представяне на производствената система зависи значително от ефективното планиране и проектиране на процеса на ниво цех. Сред основните влияещи фактори са планирането и контрола на производството, поддръжката и управлението на качеството. Съществува силно взаимодействие на тези дисциплини по отношение на производителността, качеството на продуктите и съвкупните разходи на производствената система. През последните години са разработени различни подходи за решаване на проблеми, които имат за цел да подкрепят планирането и контрола на производството по отношение на различни целеви стойности. Съществуващите модели могат да бъдат разграничени в две групи:

1) Взаимодействащи модели - имат за цел оптимизиране на определена функция при разглеждане на други функции. Изискванията на други функции представляват ограничения за модела.

2) Интегрирани модели - имат за цел оптимизиране на два или дори повече елемента едновременно (Glawar, R. et al., 2018).

Нарастващите очаквания на клиентите и технологичното развитие обаче водят до повишаване сложността на производствените системи. Освен това компаниите са изправени и пред различни смущения и циклични изисквания, което води до небалансирано използване на производствения им капацитет. По този начин ефективното и ефикасно планиране и контрол на производството се превръщат в централно предимство пред конкуренцията. Докато планирането на производството определя необходимите производствени технологии и стратегии, както и последователността на производствените стъпки, производственият контрол се занимава с повтарящи се дейности в производството, като например

освобождаване на поръчки или разпределяне на машини, и краткосрочно разсрочване поради непланирани повреди или отклонения на машината от планираните времена. Разделянето на планирането на работата и производствения контрол обаче се оказва твърде трудно и неефективно в случай на едносериенно и малосериенно производство поради следните причини:

- Генериране на неизпълними работни планове чрез пренебрегване на текущите условия в производството (напр. използване на машината, състояние на инструмента)
- Ограничен обхват на вземане на решения за производствен контрол поради ограничени алтернативи на процеса
- Липса на системна оценка на алтернативите за маршрутизиране поради ръчно разсрочване от планиращия производството
- Съсредоточване върху индивидуалните критерии за оптимизация при планиране и контрол на производството (Denkena, B. et al., 2019)

Ограничения при производственото планиране

Планирането на производството и оперативното планиране (производствения график) са две тясно свързани дейности, които принадлежат към различни нива на вземане на решения в производствената система. Проблемът при производственото планиране като такова на по-високо ниво е да се определят производствените нива и запасите от продукти в съответствие с дадените прогнози относно клиентските поръчки и изискванията за дълъг период от време от няколко месеца до година, напр. седмичните количества производство на различни продукти в продължение на три месеца. Оперативното планиране на по-ниско ниво, изразено чрез производствения график, обхваща кратък хоризонт от няколко дни до седмици. Фокусира се върху това как да се обработват различни продукти, напр. възлагането на производствени поръчки на правилните машини и последователността и времето им на всяка машина. Като цяло целта при производственото планиране е да се изпълнят клиентските изисквания при минимални производствени и складови разходи, докато оперативното планиране има за цел да прецизира производствените задачи от производственото планиране и да минимизира времето им за изпълнение (Han, J. et al., 2020).

Но именно поради тези различните срокове и цели, планирането на производството и оперативното планиране обикновено се извършват по йерархичен начин и се изпълняват последователно в традиционните производствени операции. Това означава, че проблемът с планирането на производството се решава първо, за да се дефинират производствените цели, а проблемът с оперативното планиране се разрешава, за да се постигнат тези цели (Han, J. et al., 2020).

Съществуват обаче слаби места, които възпрепятстват приложимостта на съществуващите в момента модели на планиране в оперативната практика, както и получаването на реалистични резултати:

1) Липсва обща валидност на представените модели. В повечето подходи се приемат много специфични рамкови условия, които обикновено не могат да бъдат обобщени за други среди.

2) Много модели се основават на предположения, които не преобладават в реалистичните производствени сценарии. Следователно валидирането на повечето от тези модели се извършва чрез числени примери. Свързаните с практиката примери, които количествено определят ползата за компаниите, често липсват.

3) Ограниченията и зависимостите между съоръженията частично се пренебрегват. Много подходи се отнасят до единични машини; не се разглежда комбинация от паралелни и серийни взаимосвързани съоръжения.

4) Съществуващите понастоящем алгоритми за планиране изчисляват датите за поддръжка въз основа на стохастични, теоретични методи. В повечето от представените подходи често не се вземат предвид съвременните познания относно предсказуемата/предвиждаща поддръжка. Следователно фактическото състояние на съоръженията по отношение на компонентите не се наблюдава.

5) Взаимодействието и цялостната оптимизация на планирането, поддръжката и управлението на качеството на площите не се разглеждат достатъчно в съществуващите понастоящем модели.

6) Мнозинството от ключовите изследователи посочват, че високото ниво на изчислителна мощ на разработените модели представлява предизвикателство за интегриране в ERP-, PPS- и MES-системи (Glawar, R. et al., 2018).

Повечето модели на производствено планиране и контрол не включват човешко поведение и когнитивни пристрастия. Вместо това, тези модели предполагат рационално поведение при вземане на решения и перфектно разбиране на сложните причинно-следствени връзки в често управляваните от времето процеси на планиране и контрол на компанията. Предположението, че хората вземат грешни решения, което означава ирационални решения, повлияни от когнитивните пристрастия, оказва влияние върху ключовите показатели за ефективност в производственото планиране и контрол. Изследванията показват, че осъзнаването на тези пристрастия не ги елиминира. Дори хора с широк статистически опит са склонни към статистически пристрастия при вземане на решения. Дори ако планировчиците са запознати с т.нар. синдрома на времето за изпълнение, то той пак се наблюдава. За да се намалят или премахнат пристрастията, има различни стратегии за елиминирането им от вземащите решения или в самата ситуация. Хората могат да се провалят в ситуацията на вземане на решение, защото не са компетентни или са компетентни, но се провалят в дадената ситуация (Arlinghaus, J., 2019).

Непознаването от страна на производствените планировчици на взаимодействието на ключовите показатели на представянето в производствените системи и неправилното тълкуване на състоянията на системата често водят до проблеми, когато се опитват да ги подобрят. Например синдромът на времето за изпълнение представлява едно от тези контрапродуктивни действия. Докато планиращите се стремят да подобрят надеждността на крайните дати за изпълнение чрез планирани корекции на времето за изпълнение, резултатът често е влошаване на надеждността на тези срокове. Основната причина е, че човешкото възприятие и процесът на вземане на решения могат да бъдат предубедени (Arlinghaus, J., 2019).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

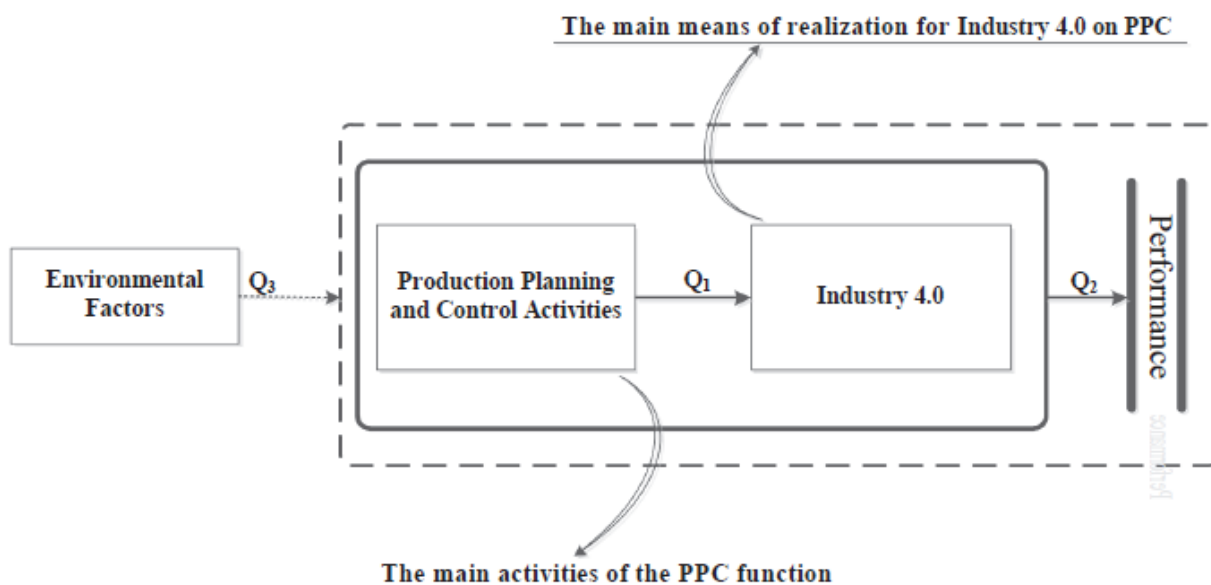
В наши дни компаниите са изправени пред предизвикателството да моделират своите производствени процеси по гъвкав и ориентиран към клиентите начин, с цел да останат конкурентоспособни. Това води до предизвикателства, като увеличаване на сложността на съоръженията, намаляване на времето за изпълнение, по-голяма вариация на производствените и монтажните процеси, нарастващи изисквания по отношение на качеството, както и натиск върху разходите. Особено намаляването на времето за изпълнение води до увеличаване на изискванията за капацитет и гъвкавост в производството (Glawar, R. et al., 2018).

Производственото и оперативното планиране са сред начините за справяне с тези предизвикателства. Заедно с контролът на производството те включват всички дейности по производствения график, планиране на базата на капацитет и количество и контрол на производствените процеси. Целта е оптимален компромис между усилие и работен резултат, както и да се изясни кога и какво ще се произвежда, как ще се произвежда и с какво ще се произвежда (Jorpen, R. et al., 2019).

Производственото и оперативното планиране обаче понякога водят до невъзможни или неоптимални графици. Например, времето за превключване между производствени задачи на една машина е силно зависимо от подробния график. Последователният характер на двата вида планиране при липса на каквото и да е взаимодействие между тези две нива на вземане на решения, предотвратява достъпа на производственото планиране до информацията от оперативното планиране. Това от своя страна може да доведе до производствени планове, които не могат да бъдат изпълнени чрез производствения график. Следователно е от

решаващо значение планирането на производството и оперативното планиране (производствения график) да бъдат интегрирани, с цел подобряване на общите резултати на предприятието (Jodlbauer, H. et al., 2019).

Друга предизвикателна задача при планирането на производството е оптималното задаване на параметрите за планиране, което оказва значително влияние върху работата на производствената система. Тъй като голям брой параметри за планиране правят оптимизацията по-трудна, следователно системите за планиране с по-малък брой параметри са по-лесни за работа в практичските изпълнения (Jodlbauer, H. et al., 2019).



Фиг. 5. Основни средства за реализация и дейности на производственото планиране и контрол (Bueno, A. et al., 2020)

В индустриалното производство вече съществуват парадигми, базирани на Интернет на нещата (IoT), киберфизичните системи (CPS) и интелигентните свързани неща (SCT), които са известни като Smart Factory, Industrie 4.0 или Industrial Internet (Jodlbauer, H. et al., 2019). Те изискват автоматизирани и интегрирани механизми за планиране и контрол на производството, като улесняват работата с данни за реагиране на текущи ситуации като състояние на машината, процент на бракуване или наличен капацитет, необходим за точно планиране. Днешните системи за планиране на производството са структурирани йерархично и са централно ориентирани, така че те не използват в пълна степен възможностите на разпределената информация, предоставена от IoT, CPS и SCT технологиите. И тъй като голяма част от тях все още се основава на планирането на материалните изисквания (MRP), повече бъдещи научни изследвания биха дали по-голяма яснота и биха довели до по-широко приложение на модерните парадигми в производственото и оперативното планиране.

REFERENCES

- Alvarez, Pamela & Espinoza, Alejandra & Maturana, Sergio & Vera, Jorge. (2019). Improving Consistency in Hierarchical Tactical and Operational Planning using Robust Optimization. *Computers & Industrial Engineering*. 139. 106112. 10.1016/j.cie.2019.106112.
- Arlinghaus, Julia. (2019). Understanding the meaning of human perception and cognitive biases for production planning and control. *IFAC-PapersOnLine*. 52. 2201-2206. 10.1016/j.ifacol.2019.11.532.

Bueno, Adauto & Filho, Moacir & Frank, Alejandro. (2020). Smart Production Planning and Control in the Industry 4.0 context: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*. 149. 106774. 10.1016/j.cie.2020.106774.

Clark, Moira. (2006). *Business Success through Service Excellence* W.R. Howard Computer Science International, UK (Section Editor). Business Success through Service Excellence . Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. £23.75, ISBN: 0-7506-6085-6. *Kybernetes*. 35. 1300-1301. 10.1108/03684920610675319.

Denkena, Berend & Dittrich, Marc-Andre & Wilmsmeier, Sören. (2019). Automated production data feedback for adaptive work planning and production control. *Procedia Manufacturing*. 28. 18-23. 10.1016/j.promfg.2018.12.004.

Glawar, Robert & Karner, Matthias & Nemeth, Tanja & Matyas, Kurt & Sihm, Wilfried. (2018). An Approach for the Integration of Anticipative Maintenance Strategies within a Production Planning and Control Model. *Procedia CIRP*. 67. 46-51. 10.1016/j.procir.2017.12.174.

Han, Jialin & Liu, Yilin & Luo, Laishao & Mao, Mingsong. (2020). Integrated production planning and scheduling under uncertainty: A fuzzy bi-level decision-making approach. *Knowledge-Based Systems*. 201-202. 106056. 10.1016/j.knosys.2020.106056.

Jodlbauer, Herbert & Straßer, Sonja. (2019). Capacity-driven production planning. *Computers in Industry*. 113. 103126. 10.1016/j.compind.2019.103126.

Joppen, Robert & von Enzberg, Sebastian & Kühn, Arno & Dumitrescu, Roman. (2019). A practical Framework for the Optimization of Production Management Processes. *Procedia Manufacturing*. 33. 406-413. 10.1016/j.promfg.2019.04.050.

Kiran, D.R.. (2019). Elements of production planning and control. 10.1016/B978-0-12-818364-9.00001-9.

Klöber-Koch, J. & Braunreuther, S. & Reinhart, Gunther. (2017). Predictive Production Planning Considering the Operative Risk in a Manufacturing System. *Procedia CIRP*. 63. 360-365. 10.1016/j.procir.2017.03.118.

Li, Zukui & Ierapetritou, Marianthi. (2010). Ierapetritou, M.G.: Production planning and scheduling integration through augmented lagrangian optimization. *Comput. Chem. Eng.* 34(6), 996-1006. *Computers & Chemical Engineering*. 34. 996-1006. 10.1016/j.compchemeng.2009.11.016.

Maravelias, Christos & Sung, Charles. (2009). Integration of production planning and scheduling: Overview, Challenges and Opportunities. *Computers & Chemical Engineering*. 33. 1919-1930. 10.1016/j.compchemeng.2009.06.007.

Secor, John & Swords, David. (1998). Transforming the organization, part 2 strategy: Moving beyond operational effectiveness. *Library Acquisitions: Practice & Theory*. 22. 431-438. 10.1016/S0364-6408(98)00102-1.

Svilenov, Z. (2012). Development of alternative ways for supplying imported energy resources – a basic task of continuous cycle productions deliveries' planning. *Science and Technologies*, vol. 2, pp. 76-81.

Váncza, J. & Kis, Tamás & Kovacs, Andras. (2004). Aggregation - The key to integrating production planning and scheduling. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 53. 377-380. 10.1016/S0007-8506(07)60720-3.

Varisco, Martina & Deuse, J & Johnsson, Charlotta & Nöhring, Fabian & Schiraldi, Massimiliano & Woestmann, René. (2018). From production planning flows to manufacturing operation management KPIs: linking ISO18828 & ISO22400 standards.