



Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Proiectarea robustă (Robust Design), instrument eficient în procesul de transfer tehnologic și inovare

Dr. Nicolae Varachiu, IMT Bucuresti

În articolul *Tehnologie, transfer tehnologic, TRL (Technology Readiness Level), inovare – noțiuni introductive* [1] articol de deschidere a acestei serii de prezentări -TRANSFERUL TEHNOLOGIC SI FIRMELE INOVATIVE: CONCEPTE, METODE SI INSTRUMENTE STIINTIFICE SUPORT- prezentam conceptele generale de tehnologie, transfer tehnologic și inovare.

În esență, după WIPO (World Intellectual Property Organization) [2], **tehnologia** este un set de cunoștințe sistematice de fabricare a unui produs sau de acordare a unui serviciu în industrie, agricultură sau comerț. Ca să fie incluse într-o tehnologie, cunoștințele trebuie la rândul lor să îndeplinească trei criterii esențiale, (nu orice set de cunoștințe constituind o tehnologie): *sa fie sistematice*, adică bine organizate (în scopul furnizării de soluții la o anumită problemă), *să existe într-un anumit loc* (în tr-un înscris sau în intelectul unei persoane) și *să fie direcționate în vederea atingerii unui scop util* (în industrie, agricultură sau comerț).

In continuare, cunoștințele și descoperirilor științifice -tipic create și dezvoltate în laboratoare de cercetare și/sau mediul academic - care îndeplinesc cele trei criterii menționate anterior, pot fi transmise către societate, în particular către firme sau companii industriale care le pot implementa efectiv; este ceea ce se consideră a fi **transferul de tehnologie**, acest transfer putând fi materializat prin publicații (brevete de invenții, cărți, lucrări științifice), studenți educați și formați corespunzător care intră pe piața forței de muncă înalt calificate, schimburi de informații, de cunoștințe și de idei la seminare / conferințe / congrese științifice și, *în special, prin relația și colaborarea dintre laboratoarele de cercetare și/sau mediul academic cu industria, cu firmele competitive și cu potențial inovativ*; acest ultim aspect este și scopul prezentului proiect: *Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT.*

Așa cum menționam în articolul *Firmele inovative și managementul inovării* [3], scopul final al oricărui transfer tehnologic de succes este **inovarea**. Consideram accepțiunea: *inovarea este introducerea a ceva nou și folositor, cuprinzând: exploatarea cu succes a ideilor noi, introducerea pe piață a ceva nou și procesul de a face îmbunătățiri la ceva existent prin introducerea a ceva nou* [6].

Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

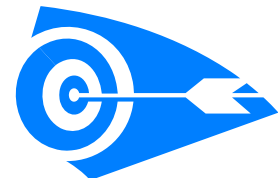
Pe scurt, urmare a unui *proces creativ* se generează *idei noi*, care după ce “*sunt aduse la viață*”; adică *sunt aplicate cu succes în practică*, transformă **potențialul inovativ al ideilor** în **inovare** efectivă. Este important de **a face distincție** între *idei cu potențial inovativ* și *inovarea efectivă* și, mai ales, între *idei potențial bune* și *idei cu potențial inovativ*. Practica și statisticile au arătat că, partea cea mai grea în procesul de inovare nu este generarea de idei `potențial bune, deoarece din trei mii de idei pentru produse noi, doar una devine un succes pe piață.

Ilustrăm în figura de mai jos o explicație sintetică a cauzei acestei statistici (3000 : 1 în medie), observată în viața reală, urmând să prezentăm și în acest articol metode care să ajute la selectarea ideilor „corecte” din punct de vedere a unui posibil succes de piață, adică a celor cu potențial inovativ, fiind astfel tehnic pregătite pentru o mai ușoară și naturală implementare în aplicații reale.



Generarea **ideilor bune** este partea
cea mai ușoară a unui **proces de inovare**

Selectia *ideilor corecte* și implementarea lor
sunt partea dificilă în procesul de inovare



Enumerăm în continuare câteva posibile cauze pentru care inovarea poate eșua, deși inițial demersul a pornit de la o idee bună:

- lipsa de cunoștințe și abilitați tipice procesului de inovare
- constrângeri bugetare
- execuție defectuoasă la nivel operațional
- potrivire slabă cu obiectivele și țintele (*goals*) curente ale firmei

Ne vom referi în continuare la primul motiv de mai sus, lipsa cunoștințelor și abilităților necesare unui proces inovativ, această lipsă regăsindu-se și în laboratoarele de cercetare și în firmele industriale, într-o măsură mai mare sau mai mică.

Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

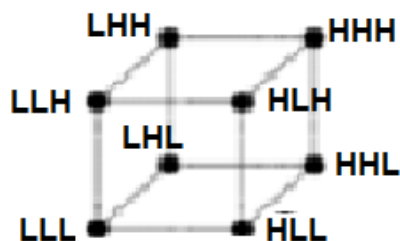
Vom prezenta în continuare abordări și metode de cercetare-dezvoltare și proiectare, utile procesului de transfer tehnologic și inovare, care țin de laboratoarele de cercetare și de legătura și colaborarea care trebuie să existe între acestea și firmele beneficiare ale transferului de tehnologie. Vom insista în particular pe conceptul de proiectare robustă, **Robust Design** în literatura și practica anglo-saxonă.

Plecând de la observații ca cele menționate anterior (inclusiv ilustrate), s-au decantat în timp metode, abordări inițial empirice, dar pas cu pas fundate și pe un suport științific, pe statistică și pe metode/principii avansate de experimentare [4].

Am prezentat în articolul *Strategii de testare în laboratorul de cercetare pentru accelerarea drumului spre TRL 7-8-9* [5] elemente legate de abordarea generală în planificarea și conducerea unui experiment/testări, adică strategiile de baza de experimentare/testare: *încercare și eroare* (Trial and Error / Best-Guess Approach), *un factor o dată* (One Factor At a Time -OFAT) și *experiment proiectat* (DoE – Design of Experiment, factorial design), fiecare cu limitările și avantajele ei.

Experimentul proiectat (DoE -Design of Experiment) este o strategie în care factorii de intrare considerați în experiment sunt variați împreună, în sensul că se manipulează toate combinațiile posibile ale nivelurilor de intrare considerate la proiectarea experimentului. Concret, dacă de exemplu pentru trei intrări cu două niveluri pentru fiecare dintre ele - notate L pentru valoarea minimă considerată („Low”) și H pentru valoarea maximă considerată („High”) - avem, în cazul strategiei OFAT, patru setări posibile ale intrărilor: LLL, HLL, LHL, LLH, adică 4 încercări / rulări (*trials* sau *runs* în limba engleza) în care, plecând de la valoarea inițială LLL, în următoarele rulări doar câte una dintre intrări, pe rând, este setată la valoarea H respectivă, în rularea imediat următoare revenind la valoarea inițială L corespunzătoare (cu excepția ultimei rulări, după ea închizându-se experimentul).

În cazul DoE avem 8 (= 2 x 2 x 2) încercări / rulări (run /trial), adică toate combinațiile posibile pentru 3 intrări cu câte două niveluri fiecare, respectiv LLL, HLL, LHL, HHL, LLH, HLH, LHH, HHH:





Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Deși avem un număr dublu de încercări / rulări în abordarea DoE față de OFAT, faptul că doar în DoE putem capta interacțiuni ale intrărilor, dacă există, este esențial pentru metoda de proiectare robustă (*Robust Design*). Această metodă de proiectare are la bază conceptul cu același nume, propus, implementat și dezvoltat inițial de inginerul și statisticianul japonez Dr. Genichi Taguchi în anii 1960. Il vom prezenta în continuare [4, 7, 8].

Conceptul de proiectare robusta (Robust Design, Taguchi)

Prezentăm în [5] că intrările într-un proces sau dispozitiv se pot clasifica în două mari categorii, **controlabile** și **necontrolabile**. Intrări **controlabile** sunt acelea pe care le putem poziționa /stabili noi la valoarea dorită (*knob variables*) iar cele **necontrolabile** sunt acele intrări care pot influența ieșirile procesului sau produsului și vin din exteriorul procesului sau dispozitivului “as is” (așa cum sunt), noi nu le putem influența valoarea. La rândul lor, intrările necontrolabile sunt de două feluri: complet (principal) necontrolabile (din perspectiva noastră), ca de exemplu temperatura, presiunea, umiditatea ambientale sau intrări care nu pot fi ușor controlate (în sensul de a le seta valoarea cum dorim noi) în procesul obișnuit de fabricație sau în mediul specific de funcționare / operare a dispozitivului sau produsului rezultat: de exemplu alegem să nu climatizăm un atelier de fabricație, fiind foarte costisitor vizavi de costurile așteptate pe piață ale produselor rezultate în urma procesului de fabricație respectiv.

Dar faptul că nu controlăm valoarea unei intrări (ca setare, stabilire de către noi a valorii ei, ci cel mult o putem măsura), nu înseamnă că nu trebuie să controlăm caracteristica de funcționare (funcția de transfer a unui proces sau dispozitiv, adică dependentă de ieșirile de intrări), astfel încât valorile de ieșire ale procesului sau de răspuns ale dispozitivului să nu depășească specificațiile de ieșire (toleranțele, VoC = Voice of Customer). Pentru asta, un prim pas este ca în laboratorul de cercetare-dezvoltare să facem experimente în care să setăm valorile acestor factori necontrolabili după cum vor varia în procesul viitor de fabricație sau de funcționare / operare a dispozitivului / produsului rezultat, în limitele de variație din condițiile efective de operare (de exemplu umiditatea între 20% și 80%, temperatura înconjurătoare între -40°C și 40°C , etc.) și să verificăm sensibilitatea* ieșirii în raport cu aceste variații ale intrărilor.

*(variația ieșirii împărțită la variația corespunzătoare a intrării, sau mai general și mai riguros, derivata parțială a ieșirii în raport cu intrarea respectiva)

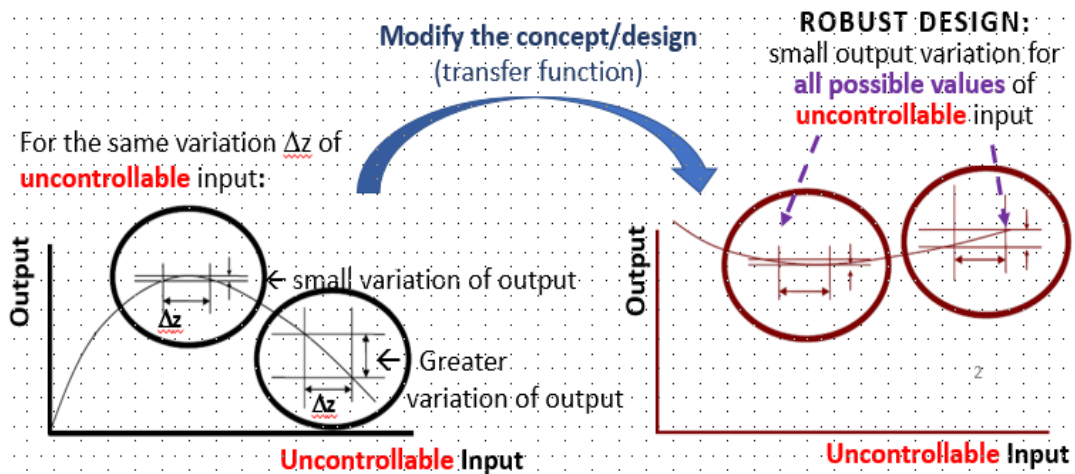
Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Dacă, din etapa de cercetare-dezvoltare a unui nou concept, vom asigura o sensibilitate foarte redusă a ieșirii la variațiile factorilor de intrare necontrolabili, spunem ca am furnizat o **proiectare robustă**, în engleza **Robust Design** [4, 6, 7, 8]. În general, *optimizarea* este activitatea de a face ca un concept sa fie „cel mai bun” în raport cu niște funcții obiectiv de îndeplinit. **Robustețea** este un caz particular de optimizare: optimizarea unui concept / proces / produs astfel încât aceștia să nu fie sensibili la variația intrărilor necontrolabile (sau a celor mai dificil, mai costisitor de controlat).

Prezentăm în figura de mai jos o ilustrare sintetică a conceptului de **proiectare robustă** (Robust Design):



Se observă în graficul din stânga o variație mare a ieșirii în raport cu variația posibilă a intrării necontrolabile (**uncontrollable input**), de exemplu umiditatea sau temperatura ambientale. Dacă această variație a ieșirii ne duce în afara specificațiilor și, în exemplul propus, vorbim de dependența ieșirii cu umiditatea sau temperatura ambientale, putem, ca o prima soluție de remediere, să climatizăm hala de fabricație. Această soluție poate fi foarte scumpă, greu de implementat și fizic uneori. O soluție mai convenabilă ar fi să furnizăm, din etapa de cercetare-dezvoltare a conceptului, o dependență a ieșirii produsului ca în graficul din partea dreaptă a figurii de mai sus: adică o variație foarte mică a ieșirii în toată gama de variație posibilă a intrărilor necontrolabile, (umidității sau temperaturii ambientale din hala de fabricație în exemplul menționat). Spunem că în acest caz am furnizat o proiectare robusta (Robust Design).

Proiect

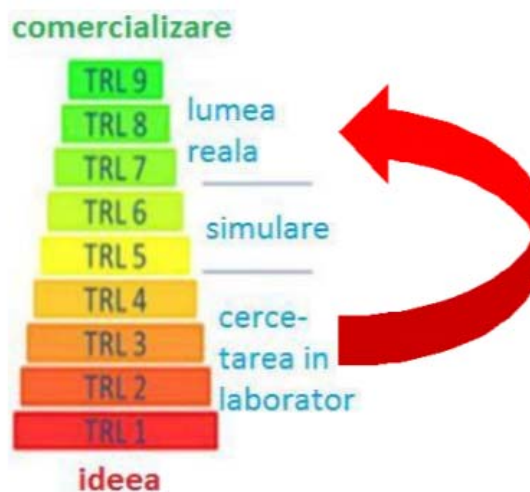
Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Colaborarea firma – laborator de cercetare, premiază importantă pentru proiectarea robustă

Pentru a face cu succes o proiectare robustă, este necesar ca de la începutul activității de cercetare dezvoltare, laboratoarele să caute, să afle de la potențialii utilizatori și de la firmele care vor putea prelua conceptul prin transfer tehnologic, inclusiv toate datele legate de condițiile efective de funcționare ale conceptelor / produselor pe care le propun, inclusiv condițiile reale, efective de posibilă fabricație a lor. Este vorba despre ceea ce literatura tehnică de specialitate și practica industrială denumește *cerințe client*, sau mai sugestiv cu termenul din spațiul anglo-saxon *Voice Of the Customer - VoC* (vocea clientului).

Prezentăm în [1] definițiile pentru nivelele TRL (Technology Readiness Level), așa cum sunt ele considerate în Uniunea Europeana și în particular în programul Horizon 2020. Figura de mai jos ilustrează „pragurile” legate de condițiile de experimentare, strict în laborator (TRL 1-4) și apoi simularea cu date, condiții de lucru din lumea reala (TRL 5-6) , în final chiar testarea, funcționarea în lumea reala (TRL 7-9); detalii în [5]. Săgeata curbă roșie subliniază tocmai faptul că metodele prezentate (și care vor mai fi prezentate în articolele viitoare) în seria TRANSFERUL TEHNOLOGIC SI FIRMELE INOVATIVE: CONCEPTE, METODE SI INSTRUMENTE STIINTIFICE SUPORT, pot accelera substanțial acest proces, trecerea de la idee la comercializare, cum sugestiv se spune în limba engleza: „from lab to fab and to market”:





Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Un element important pentru accelerarea procesului de trecere la TRL 7-8-9 este implementarea proiectării robuste (Robust Design), iar pentru asta este esențial ca *intrările necontrolabile* să fie identificate încă din faza de elaborare concept în laboratorul de cercetare, și luate apoi toate măsurile în faza de concepție, ca ele să nu perturbe ieșirile (adică variațiile lor -în limite previzibile totuși, de ex., temperatura externă între -40 °C și +40 °C sau altă gamă) să nu ducă la situația în care valorile de ieșire - CTQ, Critical To Quality- să iasă din specificații sau cerințele clientului, VoC (Voice of the Customer).

Pentru asta, o colaborare activă cercetător – fabricant (implementare proces fabricație produs) - client (utilizator final produs) este esențială încă din faza de elaborare concept.

Exemplu de proiectare robustă

În articolul *Dificultăți în experimente, atenuabile (mitigated) prin abordări statistice și principii de bază, suport în proiectarea unui experiment* [9] pentru ilustrarea conceptelor de bază în experimente (REPLICARE, RANDOMIZARE și BLOCARE) am început prezentarea unui exemplu real legat de studierea și apoi optimizarea unui proces de depunere a unui material de fricțiune. Pornind de la cunoștințe și experiență specifice din știința și ingineria materialelor, a fost propusă de către laboratorul de cercetare dezvoltare o formulare particulară pentru un anumit tip de material de fricțiune, pentru o clasă de frâne auto. Pentru fabricare, au fost propuse două secvențe de procesare (notate *Cycle*), introduse ca intrări într-un experiment factorial (DOE, Design Of Experiment). Au mai fost considerate și alte două intrări în proces, Temperatura (notată *Temp*) și Presiunea (notată *Pressure - Pres*). Ca mărime de ieșire a procesului a fost considerată și măsurată compresibilitatea materialului în produsul rezultat (notată *Compressibility*). Parametrii experimentului de tip DOE au fost stabiliți / propuși astfel:

Ieșire / Output: *Compressibility* (măsurată în microni)

- Intrari / Inputs:
1. *Pressure*: Low = 300 KPa, High = 400 KPa
 2. *Cycle* (date de tip atribut, nenumerice, sunt două secvențe de procesare)
Low = 5-5-5-5-120, High = 5-5-5-5-5-100 (descrierea detaliată a acestor două secvențe diferite nu este relevantă pentru demersul din acest articol)
 3. *Temperature*: Low = 155 °C, High = 165 °C

Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Rezultă un experiment „full factorial” care are $2^3=8$ încercări / rulări de bază, prezentate în tabelul de mai jos în ordinea standard și notate ca „Run variant” (detalii în [9], pagina 9):

Run variant	Pressure [KPa]	Cycle	Temp. [°C]
A	300	5-5-5-5-120	155
B	400	5-5-5-5-120	155
C	300	5-5-5-5-5-100	155
D	400	5-5-5-5-5-100	155
E	300	5-5-5-5-120	165
F	400	5-5-5-5-120	165
G	300	5-5-5-5-5-100	165
H	400	5-5-5-5-5-100	165

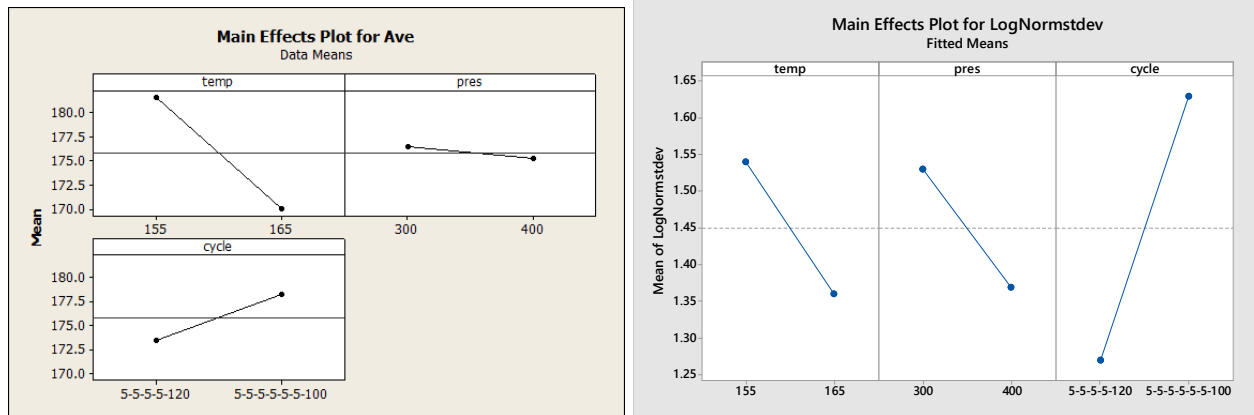
Experimentul s-a desfășurat utilizând o formă cu patru cavități; urmând principiul de *blocare*, am considerat fiecare cavitate ca un *bloc* separat. Utilizând principiul *replicării*, am realizat câte 13 încercări pentru fiecare din cele 8 variante, respectiv A, B, C, D, E, F, G, și H din tabelul de mai sus, obținând în final 416 produse (= 8 variante x 4 blocuri x 13 încercări/rulări = 416 eșantioane / produse), fiecareia măsurându-i-se compresibilitatea (*Compressibility*). Tabelul cu toate încercările (variante intrări, rezultate ieșire) a fost prezentat în [9], pagina 11. În implementarea efectivă, ordinea încercărilor a fost *randomizată*. În analiza finală am considerat pentru fiecare set de câte 13 *replicări*, o medie a lor, notată *Ave* și deviația lor standard. Pentru normalizare, am aplicat logaritmul natural pentru deviația standard, notând aceasta mărime cu *LogNormstdev*.

Primele rezultate ale acestui experiment relevă așa numitele efecte principale (*main effects*), adică răspunsul procesului la variația separată a fiecărei intrări (ca în cadrul strategiei de experimentare OFAT, One Factor At a Time), respectiv pentru ieșirile derivate, calculate ca *medie* (notate *Ave*) și *logaritmul natural al deviației standard* (notate *LogNormstdev*) pentru fiecare grup de 13 replicări:

Proiect

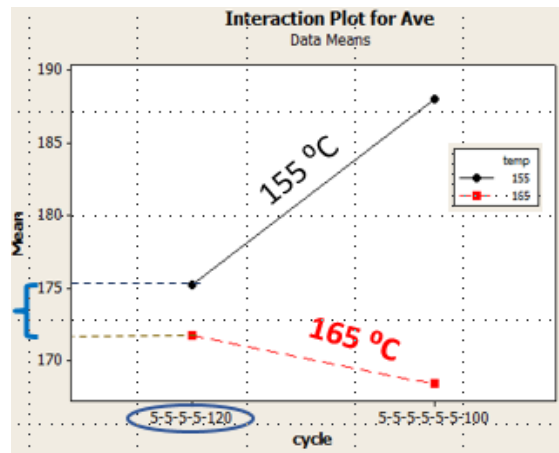
Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623



Aceste grafice relevă sensibilitatea ieșirilor la variațiile fiecărei intrări (separat), dar, pentru a utiliza rezultatele acestui DoE în abordarea proiectare robustă (*Robust Design*), urmează să verificăm dacă apar și *interacțiuni între intrări*. Reamintim că spunem că are loc o interacțiune a doua intrări independente (x_1 și x_2) atunci când efectul la ieșire (diferența răspunsurilor pentru două valori diferite de intrare) datorat variației unui factor de intrare (de ex. x_1) depinde de setarea (valoarea) celui alt factor (aici x_2).

Figura de mai jos prezintă interacțiunile statistic semnificative între intrări, pentru *Ave* (valoarea medie a celor 13 replicări pentru fiecare rulare/run):



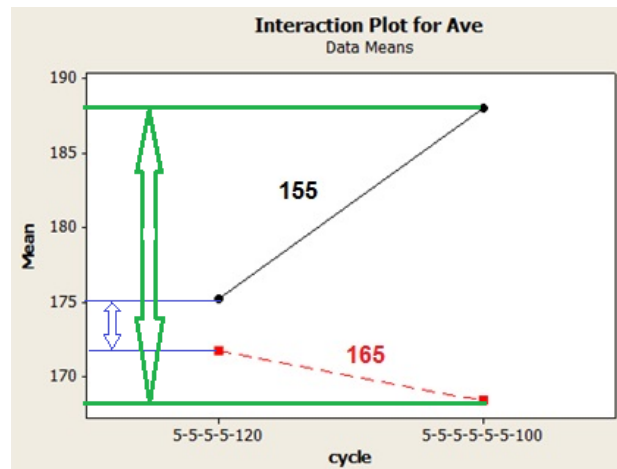
Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

În primul rând trebuie să remarcăm în graficul anterior că liniile NU sunt paralele: acest lucru arată că intrările reprezentate în acest grafic interacționează. Vom explica acest lucru în continuare.

Cum am mai prezentat în [5] (detalii în [4 ,7]), pentru analizele, studiile de variație, comparăm așa numitele efecte, adică diferențele între răspunsurile punctuale (ieșirile). Reluăm graficul cu interacțiuni pentru *Ave*:



Se observă în figura de mai sus că efectul variației temperaturii de la 155 °C la 165 °C (intrarea *Temp*) este:

- în cazul setării ciclului la valoarea 5-5-5-5-5-100 (intrarea *Cycle*) de $(187 - 169) = 19$ microni (urmăriți liniile ajutătoare și săgețile verzi, mai groase)
- în cazul setării ciclului la valoarea 5-5-5-5-120 (intrarea *Cycle*), de $(175 - 172) = 3$ microni (urmăriți liniile ajutătoare și săgețile albastre, mai subțiri)

Această diferență (19 față de 3) arată că intrările *Temp* și *Cycle* interacționează. Dacă nu ar fi interacționat, aceste linii ar fi fost paralele.

Interacțiunea este pusă în evidență și în forma analitică a funcției de transfer (liniară față de coeficienți) pe care o obținem din experimentul factorial (DoE):

$$Ave = 163.25 - 2.4 Temp + 0.67 Cycle - 27.58 Temp * Cycle$$

Proiect

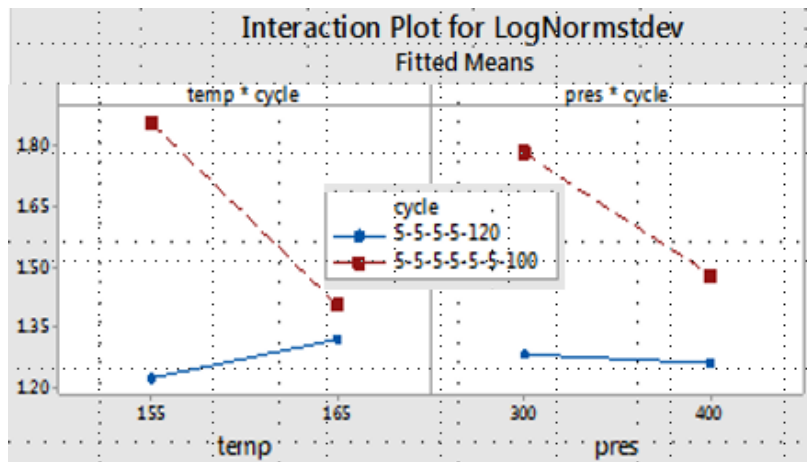
Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Se observă că intrările care interacționează sunt în produs în funcția de transfer, adică *Temp* și *Cycle*. Astfel, pentru o setare la o valoare a uneia dintre ele, de exemplu a *Temp* la 155 °C, avem o pantă pentru cealaltă, adică *Cycle*, iar pentru altă setare tot a *Temp*, la 165 °C, o altă pantă pentru *Cycle*. Astfel, pentru aceeași variație a celei de a doua intrări, de la 5-5-5-5-120 la 5-5-5-5-5-100 (date de tip atribut, ca *mașina A* și *mașina B*), avem efecte diferite, variații, diferențe ale valorilor de ieșire, în acest caz 3 și respectiv 19 micrometri pentru *Ave*.

Este evident că, pentru aceeași variație a temperaturii (de la 155 °C la 165 °C), în cazul setării intrării *Cycle* la valoarea 5-5-5-5-120 avem o variație mică a ieșirii, adică am obținut un design robust (față de variația temperaturii de intrare). Orice variație care este mai mare decât specificațiile (Voice Of the Customer) se traduce în defecte, în neconformități.

Urmărind în continuare interacțiunea dintre intrări pentru ieșirea *LogNormstdev* -logaritmul natural al deviației standard calculate pentru fiecare dintre cele 13 replicări ale fiecărei rulari / run, obținem graficele:



Liniile nefiind paralele, rezultă că pentru ieșirea *LogNormstdev* interacționează intrările

Temp (temperatura) cu *Cycle* (ciclu de fabricație)

și

Pres (presiune) cu *Cycle*,

Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

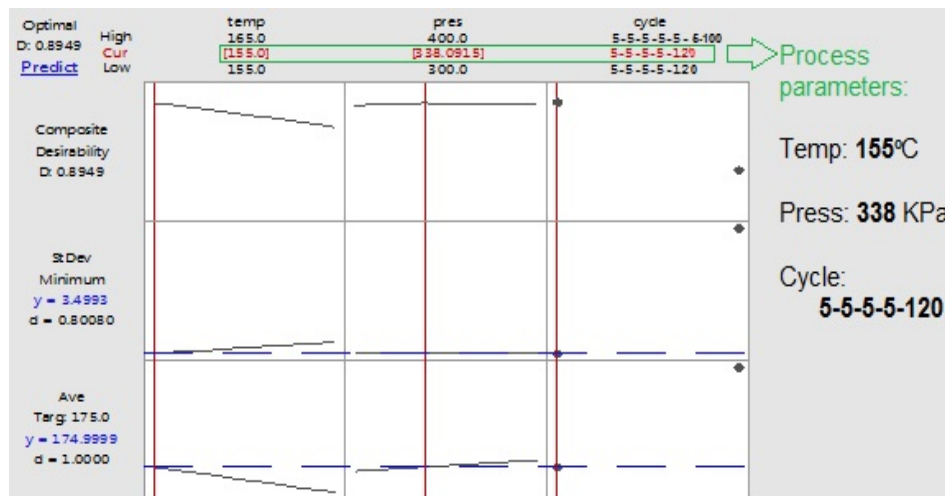
Acest lucru se poate vedea și analitic în funcția de transfer, unde intrările care interacționează sunt respectiv în produs:

$$\text{LogNormstdev} = 4.89 - 0.01 \text{ Temp} - 0.0016 \text{ Pres} + 0.05 \text{ Cycle} - 0.27 \text{ Temp} * \text{Cycle} - 0.0014 \text{ Pres} * \text{Cycle}$$

Se observă în graficele anterioare că pentru ciclul de fabricație setat la valoarea 5-5-5-120, ieșirile au variații minime în funcție de ambele intrări: temperatură și presiune.

În acest caz, am putut determina în experimente care au durat doar o zi prin implementarea celor 416 rulări menționate anterior, care dintre cele două cicluri propuse oferă o stabilitate mai mare pentru ieșire în raport cu variațiile temperaturii și presiunii, parametrii care în cazul instalațiilor mari și complexe din liniile de fabricație, sunt costisitor de menținut cu foarte mare precizie la valori impuse, obținând astfel premisele unui design robust (în sensul definit anterior în articol).

Robustețea unei soluții, a unui concept, reprezintă rezultatul unui caz particular de optimizare, în raport cu variațiile posibile ale factorilor de intrare necontrolabili sau greu de controlat, costisitor pentru o precizie ridicată, ca în cazul prezentat. *Reținând rezultatele obținute prin metoda de proiectare robustă*, în continuare pentru VOC concretizat într-o valoare nominală de 175 micrometri pentru compresibilitate, cu toleranțe de +/- 10 micrometri, am obținut optimizarea procesului global, ca în figura de mai jos:





Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

Anterior (fără utilizarea abordării experimentelor în strategia DoE - Design of Experiment, care poate pune în evidență interacțiunile dintre intrări -dacă există- și urmând apoi, natural, o proiectare robustă cum am arătat în articol), alegerea diverselor variante de cicluri de fabricație dura și câteva luni, spre un an, preponderent fiind abordările tip încercare-eroare (Trial and Error), cel mult One Factor At a Time - OFAT. În final, soluțiile obținute pentru parametrii procesului de fabricație fiind departe de optim, rezultând foarte multe defecte în urma procesului de fabricație.

Vom prezenta în buletinele următoare și alte metode, abordări științifice fundamentate pentru accelerarea procesului de inovare. Menționăm că aceste metode, abordări nu înlocuiesc cunoștințele de baza ale domeniilor tehnice respective, dar, în sinergie cu abilitățile din domeniile de baza ale cercetătorilor, printr-o cooperare efektivă „lab-fab-market”, au dovedit în practică, în industrie, că pot conduce la soluții, concepte inovative, în final cu succes pe piață.

Bibliografie selectiva

- [1] Varachiu, Nicolae, [Tehnologie, transfer tehnologic, TRL \(Technology Readiness Level\), inovare – notiuni introductive](#) în Portal utilizatori, Buletin #6 al proiectului TGE PLAT
- [2] World Intellectual Property Organization, WIPO, *Introducere în proprietatea intelectuală*, Editura Rosetti, 2001
- [3] Varachiu, Nicolae, [Firmele inovative și managementul inovării](#), Buletin #7 al proiectului TGE PLAT
- [4] Box, G.; Hunter, W; Hunter, S, *Statistics for Experimenters – An introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*, 2nd Ed., Wiley Series in Probabilities and Statistics, WILEY-INTERSCIENCE, 2005
- [5] Varachiu, Nicolae, [Strategii de testare în laboratorul de cercetare pentru accelerarea drumului spre TRL 7-8-9](#), Buletin #9 al proiectului TGE PLAT

Proiect

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o
PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive TGE-PLAT

cod SMIS 2014+ 105623

[6] Davila, Tony; Marc J. Epstein and Robert Shelton (2006). Making Innovation Work: How to Manage It, Measure It, and Profit from It. Upper Saddle River: Wharton School Publishing

[7] Montgomery, Douglas, *Design and Analysis of Experiments*, 5th Edition, John WILEY & SONS INC., 2001

[8] Montgomery, Douglas, *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th Edition, WILEY, 2009

[9] Varachiu, Nicolae, [*Dificultăți în experimente, atenuabile \(mitigated\) prin abordări statistice și principii de baza, suport în proiectarea unui experiment*](#), Buletin #11 al proiectului TGE PLAT

Dr. Nicolae Varachiu este directorul Centrului de transfer tehnologic în micro și nano inginerie al IMT-București, specialist proprietate intelectuală și transfer tehnologic în cadrul proiectului TGE PLAT.

Are o lungă experiență în cercetarea aplicată, publicând peste 50 de lucrări științifice în cărți, reviste și proceedings-uri. A desfășurat activitate didactică la Universitatea Politehnică București, Academia Tehnică Militară, Universitatea de Arhitectură „Ion Mincu” București și a fost pentru un an profesor invitat la Universitatea Calgary, Canada și 4 ani cercetător asociat (part time) la Universitatea Dortmund, Germania.

În februarie 2018 a fost director de proiect de mobilitate în domeniul transferului de tehnologie desfășurat la Toulouse, Franța, în laboratoarele LAAS ale CNRS și la Institutul National de Science Applique, unde în data de 6 iulie 2018 a fost membru într-o comisie doctorală.



Între 2004 și 2016 a lucrat la Honeywell Intl, șapte ani ca Sr. Research Sci. în cadrul laboratorului global Sensors and Wireless și ultimii șase ani ca Leader Six Sigma pentru EMEA (Europe, Middle East, Africa). Este coautor la 13 patente (US, Wold și European) în domeniul senzorilor și a contribuit cu peste 20 M\$ la dezvoltarea și implementarea de noi produse și procese, New Product Development / Introduction (NPD/NPI) până la nivelul TRL 9 inclusiv și optimizarea/îmbunătățirea unor existente, în diviziile Aerospace, Transportation Systems, Automation and Control Solutions, Specialty Materials.

În decembrie 2016 a obținut aici certificarea de Six Sigma Master Black Belt.