รายงานการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น(ARIZ) ให้สามารถใช้งานได้ง่ายโดยการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนผ่านเว็บ

Improvement of Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ) to simplify the implementation process through Web-Based Learning

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

2558

รายงานการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น(ARIZ) ให้สามารถใช้งานได้ง่ายโดยการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนผ่านเว็บ

Improvement of Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ) to simplify the implementation process through Web-Based Learning

ผู้วิจัย

รศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

ธันวาคม 2558

โครงการวิจัย การปรับปรุงกระบวนการการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น(ARIZ)ให้สามารถใช้งานได้ง่ายโดยการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนผ่านเว็บ

ผู้วิจัย รศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์

หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีที่จัดพิมพ์ ธันวาคม 2558

แหล่งทุน สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

บทคัดย่อ

ARIZ (กระบวนการการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น) เป็นเครื่องมือสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากมีความซับซ้อนเข้าใจยาก จึงไม่ได้ถูกนำมาใช้มากนัก มีความพยายามในในปรับปรุง ARIZ เป็นหลายๆรูปแบบ แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร การวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะปรับปรุง ARIZ ให้ง่ายขึ้นโดยจะทำการวิเคราะห์ปัญหาของ ARIZ เพื่อแก้ปัญหาหลักโดยใช้วิธีการของ ARIZ เอง ผลการวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบใหม่ของ ARIZ โดยได้บูรณาการหลักการ 40 ข้อเชิงประดิษฐ์คิดค้นและตัวดำเนินการ MAR(ปรับ เพิ่ม เปลี่ยน) เข้าไว้ในส่วนที่ 1 ของ ARIZ ซึ่งจะช่วยทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ และ สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก ARIZ รูปแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ถูกนำไปลองใช้กับกรณีศึกษาเพื่อแก้ปัญหาระบบบำรุงรักษาท่อส่งน้ำมันในอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถสร้างสรรคความคิดเชิงปฏิบัติได้อย่างมากมายทั้งจากส่วนที่ 1 และส่วนหลัง ๆ ของ ARIZ

คำสำคัญ : TRIZ, ARIZ, เครื่องมือสร้างสรรค์นวัตกรรม, สนามแม่เหล็กตกค้าง, การเชื่อมไฟฟ้า

Title	Improvement of Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ) to simplify the implementation process through Web-Based Learning
Researcher	Assoc.Prof Trizit Benjaboonyazit
Department	Faculty of Engineering
Publish Year	December, 2015
Source of Fund	Thai-Nichi Institute of Technology

ABSTRACT

ARIZ (Algorithm of Inventive Problem Solving) is known as one of the most powerful innovation tools. However, it is too complicated to understand and apply. Various versions of extended and modified ARIZ have been proposed in the past with little success. The aim of this research is to simplify ARIZ by analyzing the problem of ARIZ and solving the key problems using ARIZ itself. As the result, a new version of ARIZ is presented in this paper. It helps facilitate the understanding and usage of problem solvers by integrating the 40 Inventive Principles and the MAR (Modify, Add, Remove) Operators into Part 1 of ARIZ. This makes ARIZ more user-friendly for solving general problem. This new version of ARIZ has been effectively demonstrated by using the problem of industrial pipeline maintenance system as a case study in which many practical ideas have come up during Part 1 of ARIZ and more ideal solution concept has been attained at the latter parts.

Keywords: TRIZ, ARIZ, innovation tools, residual magnetic field, arc welding

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณต่อสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้ให้การสนับสนุนโครงงานวิจัยในครั้งนี้ และอาจารย์ศิวพงษ์ นิลวงษ์ ที่ได้ให้ความร่วมมือในโครงงานวิจัยในครั้งนี้

รศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ข

Abstract ค

กิตติกรรมประกาศ ง

สารบัญ จ

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ช

บทที่

1 Introduction **1**

2 Method **2**

3 Result **3**

4 Case Study and Discussion **8**

5 Conclusions **19**

References **25**

สารบัญตาราง

บทที่		หน้า
2	Table 1. Substance-Field Resources	8
2	Table 2. Actions and Components of System of Standard Solutions	10
2	Table 3 The MAR Operators	11
3	Table 4 Contradiction Matrix Table with 40 Inventive Principles and Ideas generated	14
3	Table 5 The MAR Operators and Ideas generated	15

สารบัญภาพ

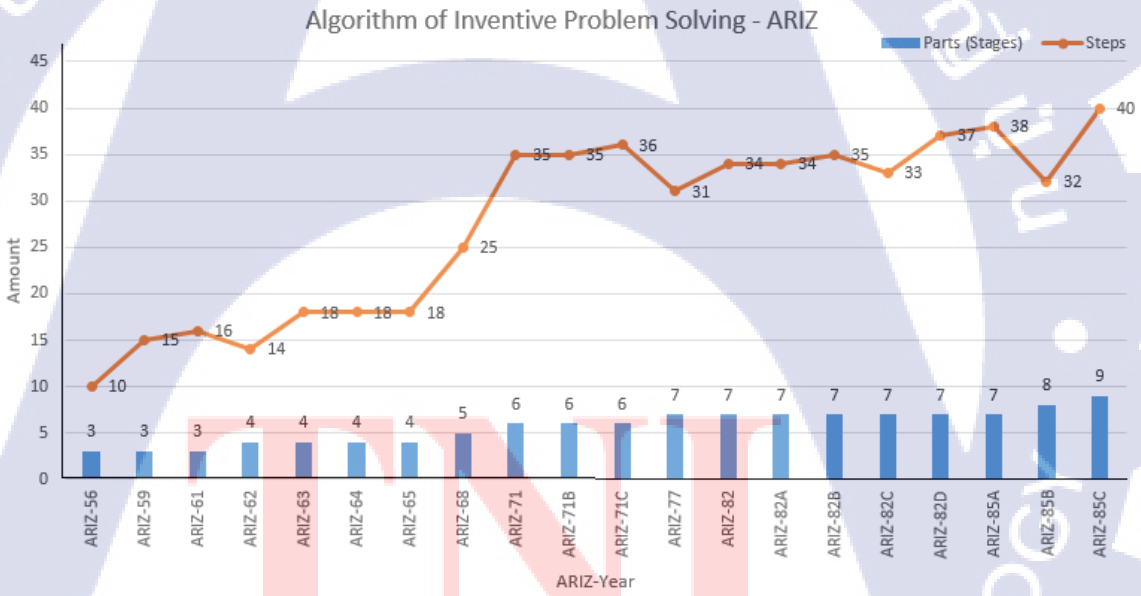
บทที่		หน้า
1	Fig.1. History of Development of ARIZ	1
1	Fig. 2 Extended/Modified ARIZ	2
2	Fig. 3 Function Model of ARIZ-85C	4
2	Fig. 4 Parts and Steps of ARIZ-85C	4
2	Fig. 5 Cause Effect Chains Analysis of ARIZ	5
2	Fig. 6 Graphical Models for the Technical Contradictions	6
2	Fig. 7 Intensified Graphical Model	7
2	Fig. 8 New Problem Model	7
2	Fig. 9 Substance-Field Modeling and Analysis	8
3	Fig. 10 The Proposed Algorithm of Part 1	12
3	Fig. 11 Graphical models for the technical contradictions	13
3	Fig. 12 Substance-Field Model of industrial pipeline maintenance problem	14
3	Fig. 13. Physical Contradiction for Micro-Level	16
3	Fig. 14 Potential solution	17

1. Introduction

Nowadays, innovation is one of the most frequently quoted keywords in both the world of business and technology. Unfortunately, most of quots are more concerned with "What is" innovation rather than "How to". There are not so many tools or methods that guide people how to reach innovation. Among them, ARIZ (Algorithm of Inventive Problem Solving) is known as one of the most powerful innovation tools which is logical and scientific in problem solving and idea generation. ARIZ is a step-by-step method of analyzing a problem for the purpose of revealing, formulating, and resolving contradictions. ARIZ was developed by Genrikh Altshuller (1926-1998), the founder of TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) [1]. ARIZ itself is problematic and has evolved into many versions and variants. The last version of ARIZ is ARIZ-85C which contains 9 parts and totally 40 steps.

1.1. Evolution of ARIZ

The first version of ARIZ was developed in the year 1956 and was named ARIZ-56 according to the year it was developed. ARIZ-56 contains 3 parts and 10 steps after which it has evolved into many versions with more parts and steps [2] as shown in Fig. 1.



(Source: History of Development of ARIZ, Vladimir Petrov, 2006)

Fig.1. History of Development of ARIZ

It is noticeable that the first Table of Inventive Principles was developed in ARIZ-64 and evolved into 39x39 Contradiction Matrix Table with 40 Inventive Principles in ARIZ-71. But as a result of TRIZ's evolution, the method of 40 Inventive Principles with Contradiction Matrix Table was removed and replaced with System of Standard Solutions and Substance Field Analysis in ARIZ-71B. Altshuller considered System of Standard Solutions to be much more efficient and powerful for idea generation than 40 Inventive Principles and recommended to TRIZ community to

stop using the 40 Inventive Principles and Contradiction Matrix Table, and to start using the System of Standard Solutions and Substance Field Analysis instead. But for TRIZ beginners, especially for those outside the borders of Soviet Union, however, the 40 Inventive Principles with Contradiction Matrix Table is easier to understand and apply than the System of Standard Solutions.

The last version of ARIZ developed by Altshuller is ARIZ-85C in the year 1985 after which he retired himself from involving in ARIZ development and concentrated his efforts in the area of the Theory of Development of a Strong Creative Personality (TRTL) [3]. Many TRIZ practitioners have attempted to simplify ARIZ by extending or modifying it into many versions and variants as shown in Fig. 2.

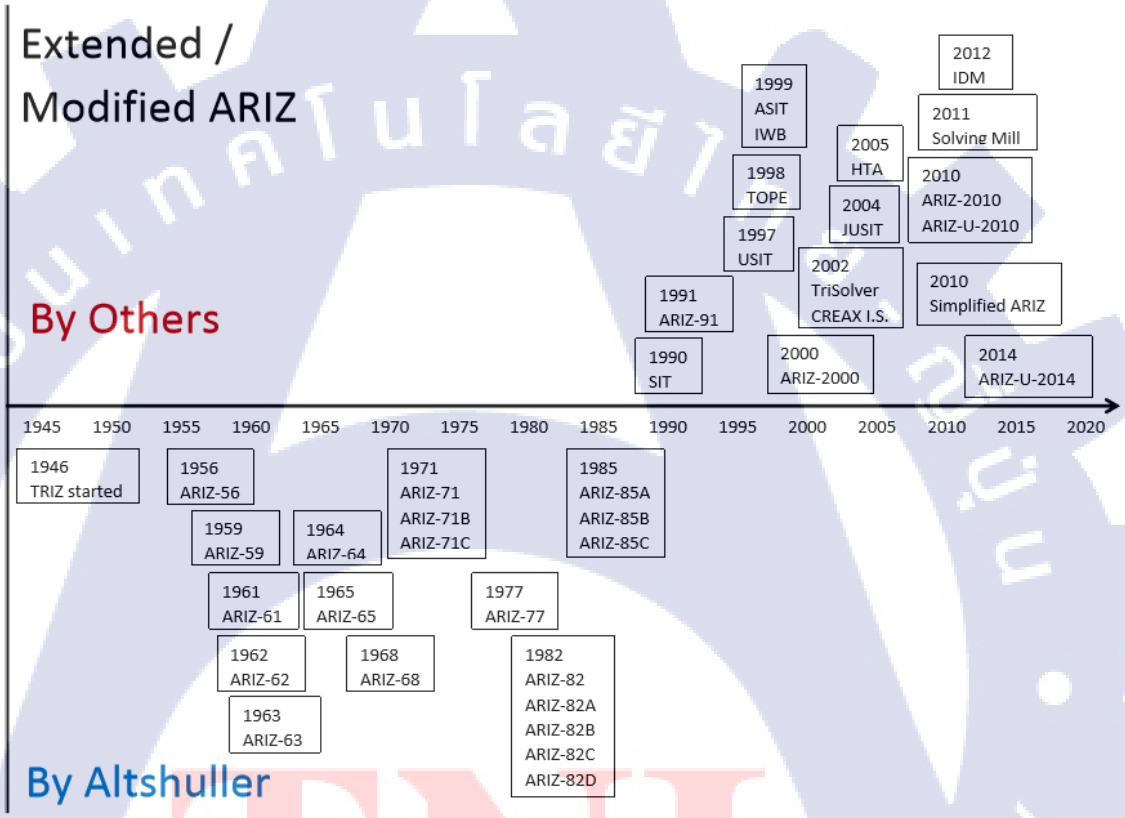


Fig. 2 Extended/Modified ARIZ

The commonly known extended or modified ARIZ which are found in many literatures and websites includes ARIZ-91, ARIZ-SMVA, ARIZ-2000, ARIZ-2010, ARIZ-U-2010, ARIZ-U-2014, SIT (Systematic Inventive Thinking), ASIT (Advanced Systematic Inventive Thinking), USIT (Unified Structured Inventive Thinking), JUSIT (Japanese version of Unified Structured Inventive Thinking), TOPE (TechOptimizer), IWB (Innovation WorkBench), Creax.I.S (CREAX Innovation Suite), HTA (Hierarchical TRIZ Algorithms), TriSolver, Solving Mill, IDM (Inventive Design Method), and Simplified ARIZ [4-20].

Among them, ARIZ-91 and ARIZ-SMVA are considered to be the best versions with many enhancements while trying to keep the same structure as of

ARIZ-85C, and System of Standard Solutions is still applied in Step 1.7 to verify the possibility of solving the problem model created by Step 1.6.

Some TRIZ practitioners do consider SIT/ASIT/USIT/JUSIT have nothing to do with ARIZ, but since they are variants of problem solving tools deeply rooted in TRIZ(ARIZ), they are put here for reference with the original ARIZ.

1.2. Problems of ARIZ

Although there are many versions and variants of ARIZ after ARIZ-85C in which many of them are advanced and sophisticated with computer software support such as Innovation WorkBench, Solving Mill, TechOptimizer, the only accepted version is still ARIZ-85C as listed in TRIZ Body of Knowledge of TRIZ Developers Summit [21] and problem solving using ARIZ-85C is required as a compulsory TRIZ project for TRIZ Specialist certification program at the International TRIZ Association (MATRIZ) [22].

Altshuller was quoted as saying that "ARIZ is a complicated tool. Do not apply it to solve new practical problem without at least 80 academic hours of preliminary study" [1, 23] According to the research of Altshuller, less than 5 % of the problems encountered in daily engineering activities are problems which are truly unique and cost-effective enough for ARIZ [3]. This is emphasized by further claim that only 1 % of the problems required the use of ARIZ [24].

It sounds like a contradiction that ARIZ is a powerful tool, but it can solve just only a few complex problems. Although ARIZ is widely known as an innovation tool, it is used just only by a few TRIZ specialists, and even though ARIZ is the main tool of TRIZ which integrates all other tools and knowledge base, it is not as popular as other stand-alone tools.

With respect to the spirit of Altshuller who has devoted his life to the development of TRIZ as a science for mankind [25], the author of this paper attempts to identify the key problems of ARIZ and proposes a new version that will facilitate understanding and usage of problem solvers while preserving the essence and originality of ARIZ-85C which from now on will be referred as ARIZ.

2. Method

The problem of ARIZ is first analyzed by using the method of FA (Function Analysis) and CECA (Cause-Effect Chains Analysis) to identify the key problem after which ARIZ is deployed to solve the key problems and search for ideal solutions.

2.1. Function Analysis and Cause-Effect Chains Analysis

ARIZ itself can be considered as a technological system which evolves in accordance with TRIZ's Laws of Technological System Evolution. The main useful function of ARIZ is to guide problem solvers through creative thinking process in solving problems and to attain innovative solution concepts. The system of ARIZ comprises 9 parts and 40 steps for analysis and idea generation incorporated with TRIZ tools, knowledge base, resources, scientific effects and Solution Park where solution concepts generated during the process are parked. The function model of ARIZ-85C can be described as in Fig. 3 and the functions of each part can be broken down into the functions of steps as in Fig. 4.

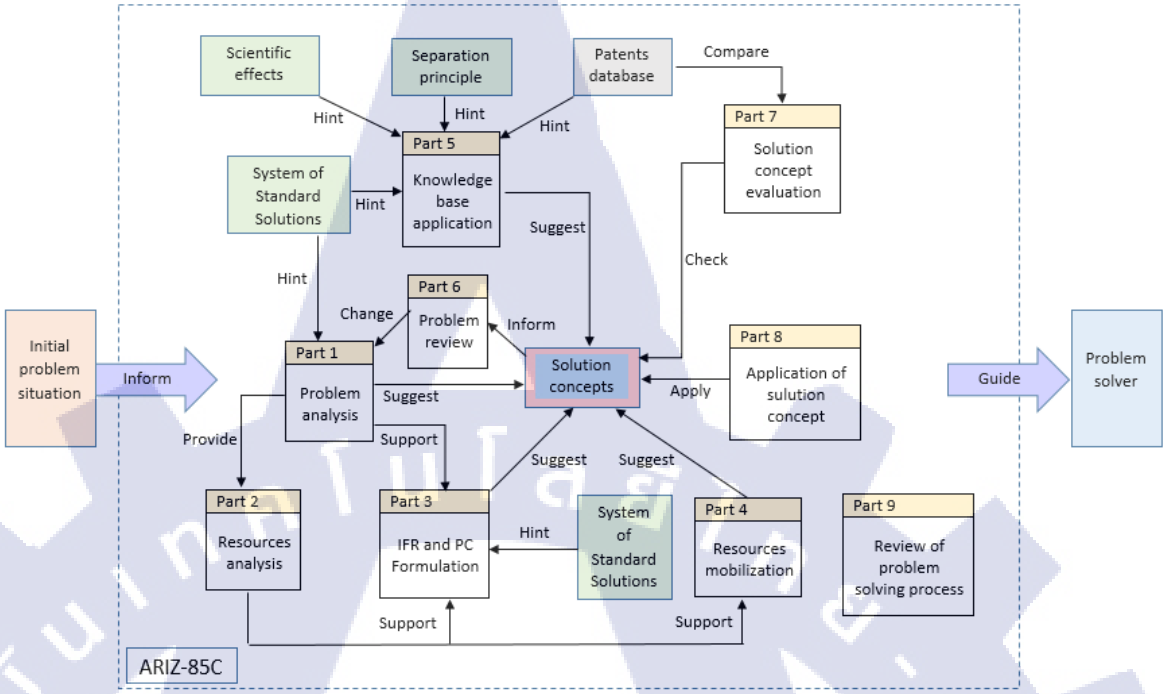


Fig. 3 Function Model of ARIZ-85C

Part 1. Analyzing the problem	Part 2. Analyzing the problem model	Part 3. Formulating the ideal final result and physical contradiction	Part 4. Mobilizing and utilizing substance-field resources	Part 5. Applying the knowledge base to solve physical problem	Part 6. Changing or substituting the problem : If the problem is not solved	Part 7. Analyzing the method for resolving the physical contradiction	Part 8. Capitalizing on the solution concept	Part 9. Analyzing the problem-solving process
Step 1.1. Formulate the mini-problem	Step 2.1. Define the operational zone	Step 3.1. Identify the formula for ideal final result (IFR) 1	Step 4.1. Simulation with smart little people	Step 5.1. Applying the system of standard solutions	Step 6.1. Transfer the theoretical solution into a practical one	Step 7.1. Check the solution concept	Step 8.1 Define how the super-system that encompasses the changed system should be changed	Step 9.1. Compare the real process of problem solving with the theoretical one
Step 1.2. Define the conflicting elements	Step 2.2. Define the operational time	Step 3.2. Intensify the formula for ideal final result 1	Step 4.2. "Stepping back" from the IFR	Step 5.2. Applying solution concepts to non-standard problems that have already been solved using ARIZ	Step 6.2. Check to see whether the description in step 1.1 represents a combination of several problems	Step 7.2. Preliminary estimate of the solution concept	Step 8.2. Check whether the changed system or super-system can be applied in a new fashion	Step 9.2. Compare the solution concept to the information in the TRIZ knowledge base
Step 1.3. Build graphical models for the Technical Contradictions	Step 2.3. Define substance and field resources	Step 3.3. Formulate the physical contradiction for the macro-level	Step 4.3. Using a mixture of substance resources	Step 5.3. Solving physical contradiction by Utilizing the separation principles	Step 6.3. Change the problem by selecting another technical contradiction in step 1.4	Step 7.3. Check the novelty of the solution concept via patents search	Step 8.3. Apply the solution concept for solving other problems	
Step 1.4. Select a graphical model for further analysis		Step 3.4. Formulate the physical contradiction for the micro-level	Step 4.4. Using empty space	Step 5.4. Solving physical contradiction by Utilizing the library of natural effects and phenomena	Step 6.4. Return to step 1.1 and reformulate the mini-problem with respect to the super-system	Step 7.4. Note possible sub-problem which might require invention, design, calculations, etc.		
Step 1.5. Intensify the conflict		Step 3.5. Formulate the ideal final result 2	Step 4.5. Using derived resources					
Step 1.6. Formulate the problem model		Step 3.6. Consider solving for the new physical problem	Step 4.6. Using an electric field					
Step 1.7. Apply the system of standard solutions			Step 4.7. Using a field and field-sensitive substance					

Fig. 4 Parts and Steps of ARIZ-85C

The function analysis of ARIZ-85C shows no undesirable effects such as insufficient or excessive useful function or harmful function, as long as the problem solver is well trained and specializes in using ARIZ. For the general problem solver with little

experience however, ARIZ is difficult to understand and apply which makes ARIZ not so popular among them.

With the Cause Effect Chains Analysis as shown in Fig. 5, the key disadvantages or key problems of ARIZ are identified as follows,

1) ARIZ is not suitable for the general problems
2) ARIZ takes too much time to learn
3) ARIZ is mostly used in business consulting service

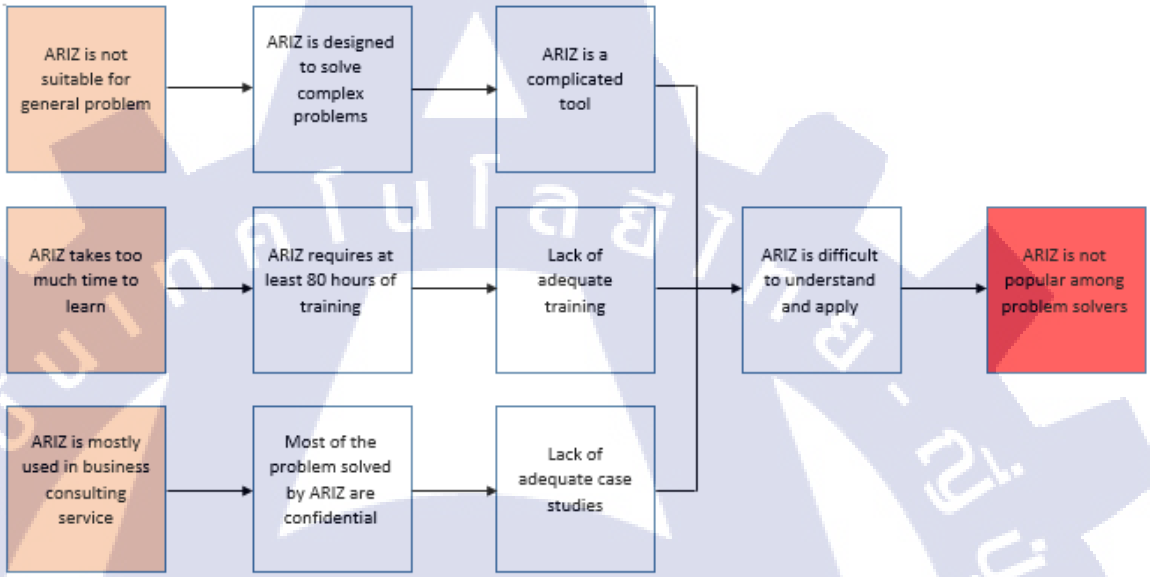


Fig. 5 Cause Effect Chains Analysis of ARIZ

In order to make ARIZ more popular among general problem solvers, the author aims to solve the key problems of how to make ARIZ also suitable for general problems (besides its strong points for solving complex problems), how to shorten the learning curve of ARIZ with more supporting resources, and how to make ARIZ widely adopted by both the industries and the academic world (not just only by consulting firms).

2.3. Solving the problem of ARIZ using ARIZ

The algorithm of ARIZ-85C will be deployed to solve the problem of ARIZ. Due to the page limit, only some important steps will be explained as follows,

2.3.1. Part 1. Analyzing the Problem

Step 1.1 Formulate the Mini-Problem

The mini-problem of ARIZ is formulated as follows,

The technical system for guiding problem solver includes initial problem situation, parts and steps of ARIZ, TRIZ tools, knowledge base, resources, scientific effects and solution concepts.

It is necessary, with minimum changes to the system, to facilitate the understanding and usage (of problem solver) without lessening the essence and originality (of ARIZ-85C)

Technical Contradiction 1 (TC-1): If modification is extensive, then it facilitates the understanding and usage, but it lessens the essence and originality.
Technical Contradiction 2 (TC-2): If modification is mild, then it preserves the essence and originality, but it insufficiently facilitates the understanding and usage
Step 1.2 Define the Conflicting Elements
The Conflicting Elements includes Product and Tool which, are defined as follows,

Products: 1.Understanding and Usage and 2. Essence and Originality
Tool: Modified ARIZ

Step 1.3 Build Graphical Models for the Technical Contradictions
Graphical Models for the Technical Contradictions are built as shown in Fig. 6.

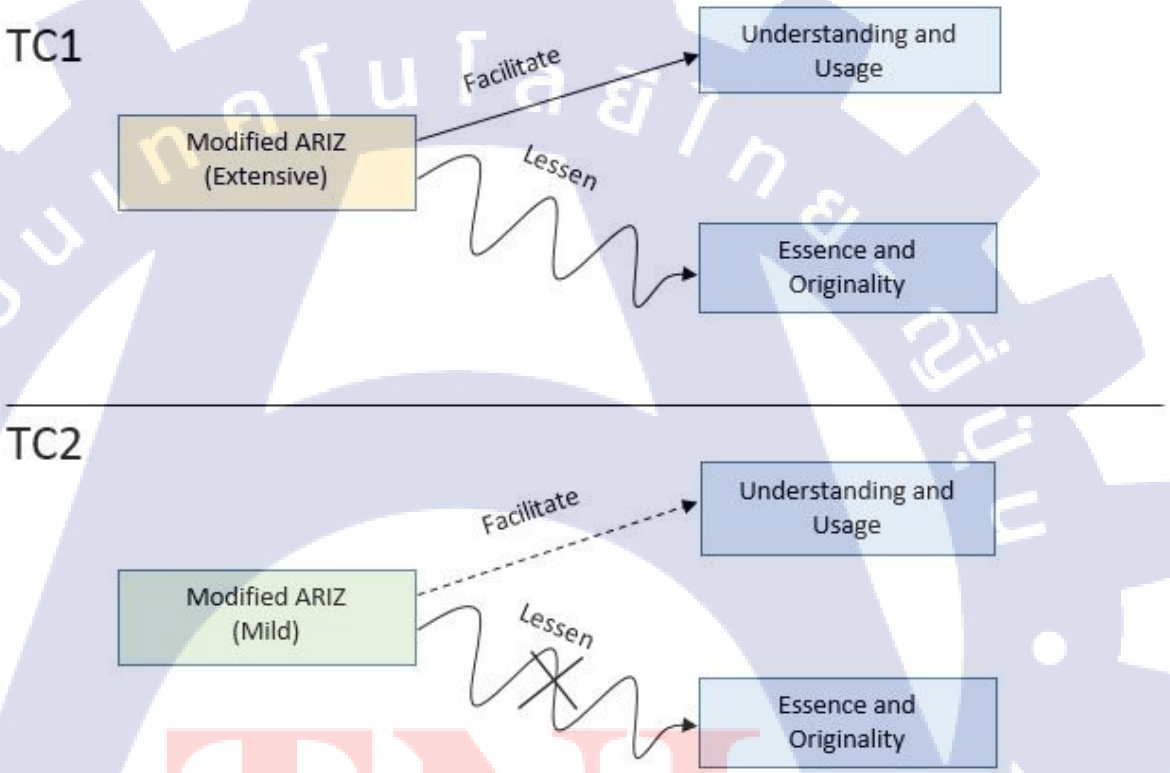


Fig. 6 Graphical Models for the Technical Contradictions

Step 1.4 Select a Graphical Model for Further Analysis
Since the main function of the ARIZ system is to guide problem solver with good quality of algorithm, the Essence and Originality must not be lessened by the Modification. Thus, we select TC-2 which states that if modification is mild, then it preserves the essence and originality, but it insufficiently facilitates the understanding and usage.
Step 1.5 Intensify the Conflict
In order not to compromise (trade off) useful function with harmful effect, we intensify the conflict by considering that instead of “Mildly Modified ARIZ”, it is replaced by a “No Modified ARIZ” in TC-2 as shown in Fig. 7.

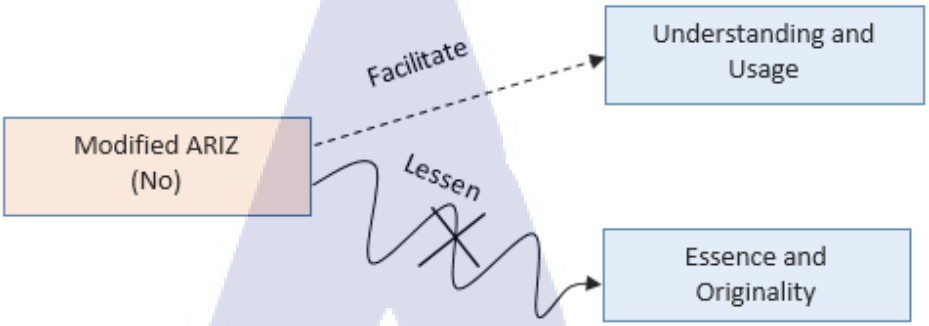


Fig. 7 Intensified Graphical Model

Step 1.6 Formulate the Problem Model

Find an element "X" that maintains the feature of No Modified ARIZ for preserving the essence and originality while also facilitating the understanding and usage as shown in Fig. 8.

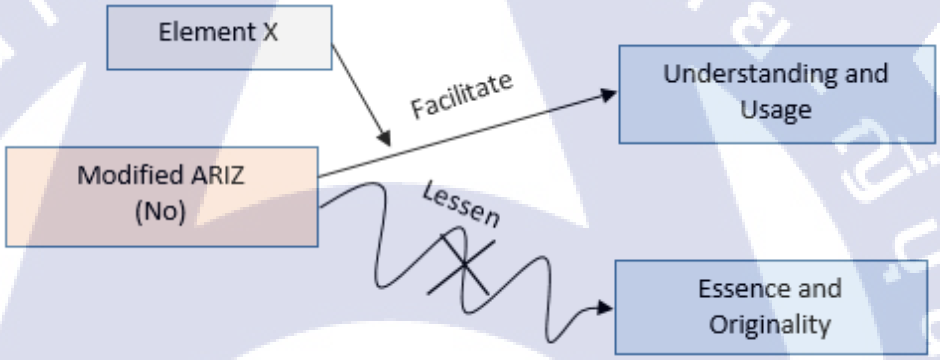


Fig. 8 New Problem Model

Step 1.7 Apply the System of Standard Solutions

In this step the graphical model is analyzed using Substance-Field Modeling and Analysis [26] along with System of Standard Solutions [27] to find element "X" as follows,

The initial Substance-Field Model is created with S1(object) as Understanding and Usage, S2(tool) as No Modified ARIZ, F1 as Human Intelligence or Biological Field. While solving problem, problem solver exerts Human Intelligence on No Modified ARIZ to insufficiently facilitate the Understanding and Usage as shown in Fig. 9(a).

In order to improve the efficiency of the system, the standard solution which best corresponds to the above initial model is standard solution 2.1.2 which states as follows,

Standard solution 2.1.2 "Synthesis of a Dual Substance Field System"

If it is necessary to improve the efficiency of substance-field system and the replacement of substance-field system element is not allowed, the problem can be solved by the synthesis of a dual substance-field system through introducing a second field which is easy to control.

Idea 1: Use optical field through computer software (F2) to improve the efficiency of facilitating the understanding and usage for problem solver. The computer software

helps to create a double substance field system and can be easily controlled as shown in Fig. 9(b).

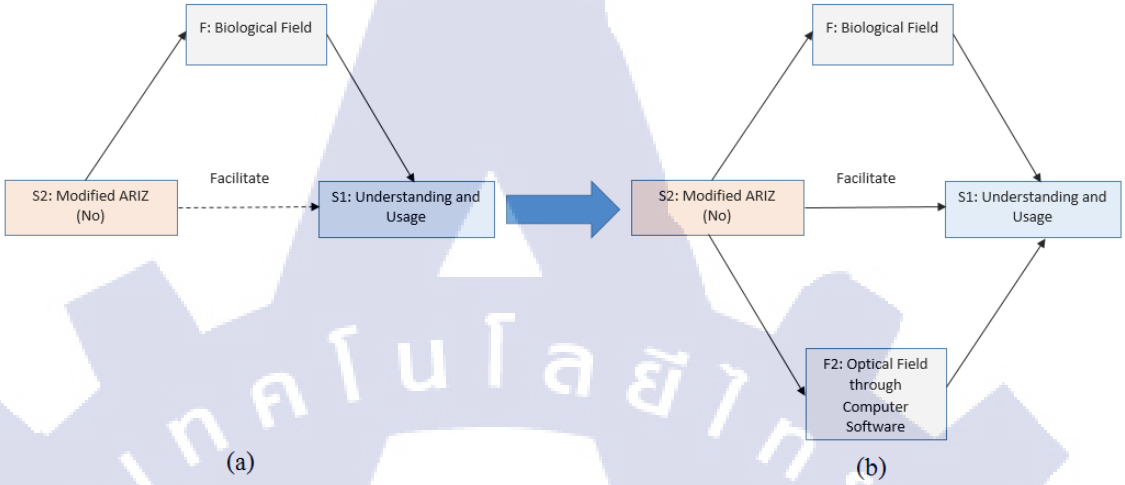


Fig. 9 Substance-Field Modeling and Analysis

Although nowadays computer is a cheap resource which can be easily acquired, it is preferable to consider internal resources inside the system and environment to utilize and generate more ideal solution concepts, so we move on to Part 2 Resources Analysis and Part 3 Formulation of the Ideal Final Result and Physical Contradiction.

2.3.2. Part 2. Resources Analysis

If the problem is easily solved within Part 1, there is no need to go further into Part 2. Part 2 and other Parts that follow will deal with solving complex problem as in the following steps.

Step 2.1 Define the Operational Zone (OZ)

In the problem of using ARIZ, the Operational Zone is defined to be the ARIZ system and its interface with problem solver.

Step 2.2 Define the Operational Time (OT)

In the problem of using ARIZ, the Operational Time is defined to be the period of time during using ARIZ.

Step 2.3 Define the Substance Field Resources

A list of Substance-Field Resources with their parameters is created as in Table 1.

Table 1. Substance-Field Resources [28]

Source	Substance-Field Resources	Type	Parameter
Internal Resources	Parts of ARIZ	Substance	Amount, Level
	Steps of ARIZ	Substance	Amount, Level
	40 Inventive Principles	Substance	Amount
	Contradiction Matrix Table	Substance	Size

	System of Standard Solutions	Substance	Amount, Level
External Resources	Computer	Substance	Speed, Space
	Internet Access	Field	Speed, Bandwidth

2.3.3. Part 3. Formulatiion of the Ideal Final Result and Physical Contradiction

Step 3.1 Identify the Formula for IFR-1

Ideal Final Result (IFR) [29] is used to define the problem to be solved. The Ideal Final Result by introducing the element "X" is defined as follows,

While neither complicating the system nor causing harmful effects, element "X" improves the useful function of the no modified ARIZ to facilitate the understanding and usage during operational time (the period of using ARIZ) within the conflict zone (the ARIZ system and its interface with problem solver) while preserving the essence and originality of ARIZ.

Step 3.2 Intensify the Formula for IFR-1

We intensify the formula of IFR-1 by introducing an additional requirement that the element "X" comes from substance field resources. In this case, "Parts of ARIZ" is considered to replace the element "X".

Step 3.3 Formulate the Physical Contradiction for the Macro-Level

The Physical Contradiction [30] for the Macro-Level is formulated as follows,

Parts of ARIZ in the the ARIZ system and its interface with problem solver during the period of using ARIZ, has to be simple in order to perform facilitating the understanding and usage, and has to be complicated (advanced) to perform preserving the essence and originality.

Idea 2: Use Principle of Separation in Space

Part 1 which concerns with problem analysis should be made simple to analyze and generate ideas for the general problem. If the problem is too complicated and the generated ideas are not satisfactory, then the problem can be move forward to the latter parts of ARIZ which deals with complex problem.

Step 3.4 Formulate the Physical Contradiction for the Micro-Level

In this case, Steps of ARIZ of each part can be considered as the micro-structure of ARIZ. The Physical Contradiction for the Micro-Level is formulated as follows,

There should be Steps of ARIZ that is simple in the the ARIZ system and its interface with problem solver in order to provide simple Parts of ARIZ, and Steps of ARIZ should be complicated in order to provide complicated (advanced) Parts of ARIZ.

Idea 3: Use Principle of Separation in Structure

Some Steps of ARIZ should be made simple for TRIZ beginner, but ARIZ as a whole still preserves its essence and originality to deals with complex problem.

Since, from Idea 2, Part 1 should be made simple, therefore the steps of ARIZ to be made simple should come from Part 1. Steps of Part 1 are analyzed and simplified using the existing resources. The author has come up with more ideas as follows,

Idea 4: Use the Contradiction Matrix Table and 40 Inventive Principles which are the existing resources to generate ideas for resolving the technical contradiction selected in Step 1.4

Although the user-friendly Contradiction Matrix Table and 40 Inventive Principles [31] are removed from ARIZ and replaced with System of Standard Solutions, most TRIZ practitioners consider them to be complementary to each other. Therefore, the author simplifies Step 1.4 by using 40 Inventive Principles and leaves the complicated (advanced) System of Standard Solutions to be used in the latter Parts of ARIZ (Step 3.6 of Part 3 and Step 5.1 of Part 5). But the System of Standard Solutions is also required in Step 1.7 of Part 1 which makes Part 1 too complicated for TRIZ beginners. The author has come up with some ideas to simplify the System of Standard Solutions at this step as follows,

Idea 5: Instead of using the full scale of the System of Standard Solutions, for non-complex problem, some minimum set of the System of Standard Solutions might be prepared to facilitate the understanding and usage of the problem solver.

As most of the problems in Substance-Field Model are typically concerned with the insufficient useful function or undesirable effects of the system, the solution standards in subclass 1.1, 2.1 and 2.2 which deal with improving the useful function and subclass 1.2 which deal with eliminating harmful interaction are frequently used and can be prepared according to Idea 5. But it is still difficult for the TRIZ beginners who might be unfamiliar with the contents and technical terms used in each standard solution.
Since the System of Standard Solutions is concerned with manipulating components in the system and its environment for the purpose of transforming the initial Substance-Field Model into a problem-free model, the author tried to look into the contents of each standard solutions in subclass 1.1, 1.2, 2.1 and 2.2 which consist of totally 21 solutions, to analyze the frequently used actions and the components that are manipulated. The result is shown in Table 2.

Table 2. Actions and Components of System of Standard Solutions

Solution	Standard Solution	Action			Component	
Number	Name	Modify	Add	Replace	Substance	Field
1.1.1	Building of Substance-Field Model		X		X	X
1.1.2	Improving interactions by introducing additives into the objects		X		X	
1.1.3	Improving interactions by introducing additives into a system		X		X	
1.1.4	Use of environment to improve interactions		X		X	X

1.1.5	Modification of environment to improve interactions	X	X		X	X
1.1.6	Providing minimum effect of action		X		X	X
1.1.7	Providing maximum of effect of action		X		X	
1.1.8(a)	Providing selective effect by maximum field and Protective substance		X		X	
1.1.8(b)	Providing selective effect by minimal field and active substance		X		X	
1.2.1	Elimination of harmful interaction by a foreign substance		X		X	
1.2.2	Elimination of harmful interaction by modification of an existing substance	X			X	
1.2.3	Elimination of a harmful effect of a field		X		X	
1.2.4	Elimination of a harmful effect by a new field		X			X
1.2.5	Elimination of a harmful effect caused by magnetic field		X			X
2.1.1	Synthesis of a Chain Substance-Field System		X		X	X
2.1.2	Synthesis of a Dual Substance-Field System		X			X
2.2.1	Replacing poorly controlled field with a well controlled			X		X
2.2.2	Increasing a degree of fragmentation of substance components	X			X	
2.2.3	Transition to capillary porous objects			X	X	
2.2.4	Increasing a degree of system dynamics		X		X	
2.2.5	Changing structure of a field			X		X
2.2.6	Changing structure of a substance object			X	X	

As shown in Table 2, the actions of each standard solution in subclass 1.1, 1.2, 2.1 and 2.2 can be categorized into 3 types namely, Modify, Add and Replace which act on the components (substance and/or field) of the initial Substance-Field Model and/or its environment. The author has summarized it into a table called the MAR Operators as shown in Table 3.

Table 3 The MAR Operators

Number	Operator Name	Description
1	M: Modify	Modify the existing substance and/or field in the initial Substance-Field Model and/or its environment.
2	A: Add	Add new substance and/or field into the initial Substance-Field Model.
3	R: Replace	Replace the existing substance and/or field in the initial Substance-Field Model with new substance and/or field.

3. Result

The problem of ARIZ has been analyzed and solution concepts have been attained for facilitating the understanding and usage of the problem solvers without lessening the essence and originality of ARIZ. Principle of Separation in Space and in Structure have been used to resolved the Physical Contradictions in Macro and Micro Level by Separating Parts and Steps of ARIZ to be simple (basic) and at the same time, complicated (advanced). Originally, Part 1 of ARIZ is deemed to test the complexity of the problem. If the problem is easily solved at the end of Part 1, then it is considered to be non-complex and not necessary to move on to the latter parts of ARIZ. However, there is no easy tool in Part 1 to help TRIZ beginners to generate ideas as the user-friendly 40 Inventive Principles has been removed from ARIZ-85C and replaced with the complicated System of Standard Solutions.

The author attempts to revitalize the Contradiction Matrix Table and 40 Inventive Principles which can be considered as internal resource by incorporating them into Step 1.4 of Part 1 to resolve the Technical Contradiction selected for further analysis, and has simplified the subclass 1.1, 1.2, 2.1 and 2.2 of System of Standard Solutions which deal with improving the useful function and eliminating harmful interaction by grouping them into 3 types of actions e.g. Modify, Add and Replace which is named MAR Operators. The MAR Operators is suggested to solve the problem model in Step 1.7 of Part 1 instead of using the System of Standard Solutions as shown in Fig. 10.

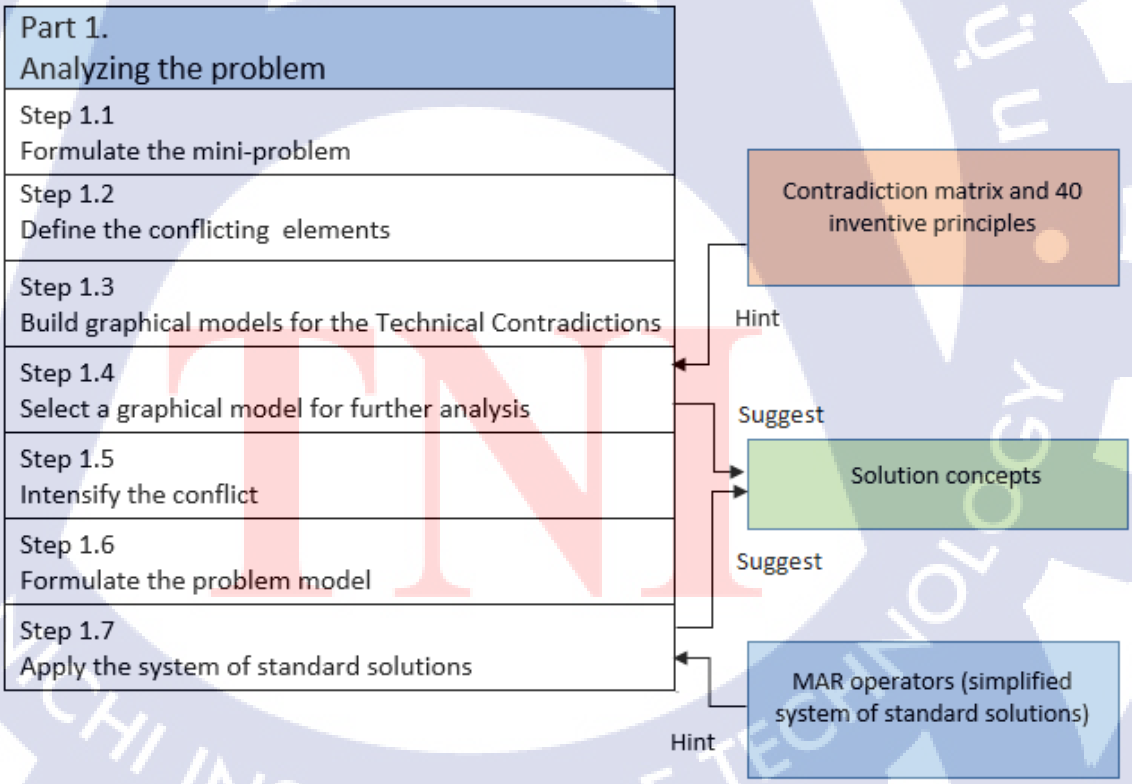


Fig. 10 The Proposed Algorithm of Part 1

The individual operator or the combination of operators can help the problem solvers to generate ideas for solving their problem and relieves them from the burdens of looking into the details of the complicated System of Standard Solutions. However, when the problem solvers have more confidence, they can come back to look at the detailed situations and conditions described in each standard solution and refine their solution concepts using full scale of the System of Standard Solutions as will be deployed again in Step 3.6 and Step 5.1 of ARIZ.

4. Case Study and Discussion

The previously solved complex problem of low quality arc welding on industrial pipeline maintenance system [32] is used to test the effectiveness of the proposed algorithm. Some of the related steps are described as follows,

4.1. Initial Problem Situation

In pipelines maintenance system, a Magnetic Flux Leakage (MFL) device with strong magnetic field is used to magnetize the pipe wall to nearly saturation level while traveling through the pipelines. Magnetic field leakage at the corrosion part will be detected by magnetic sensors on the MFL device. After corrosion part of the pipeline is located, the damaged segment is cut off and replaced with the new one by welding it to the existing pipeline, the problem occurs with the welding rod and arc column subjected to the magnetic force that causes it to deviate from the right position, thus render the low quality of arc welding.

Step 1.3 Build graphical models for the technical contradictions.

Technical Contradictions (TC) are formulated as follows:

TC-1: If the Residual magnetic field is strong, it is easy to detect corrosion part. On the other hand, the arc column will be deviated.

TC-2: If the Residual magnetic field is weak, the arc column can be positioned correctly. However, it is difficult to detect corrosion part.

The Graphical Models for the Technical Contradictions are built as shown in Fig. 11.

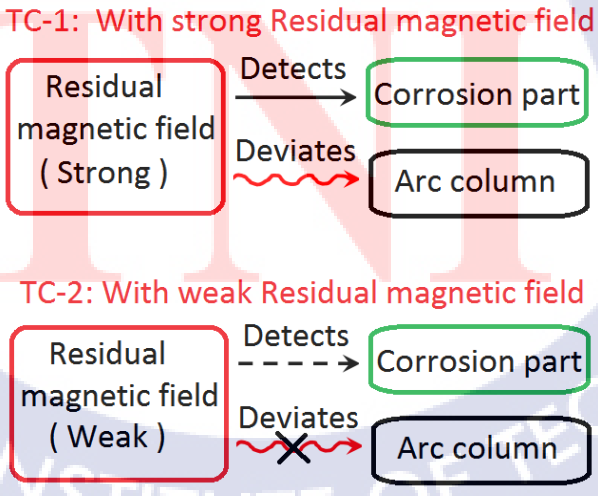


Fig. 11 Graphical models for the technical contradictions.

TC-1 is selected as Graphical Model for further analysis. In this case, with strong Residual magnetic field, it is easy to detect corrosion part. However, the arc column will be deviated. So we try to solve the technical contradiction at Step 1.4 with 40 Inventive Principles and eliminate harmful effect of Residual magnetic field at Step 1.7 with the MAR Operators in the proposed algorithm.
In Step 1.4, the Contradicting Parameters can be viewed as 21.Power VS 31.Object-generated Harmful Factors and 28.Measurement Accuracy VS 31.Object-generated Harmful Factors, the ideas generated with the suggested Inventive Principles are shown in Table 4.

Table 4 Contradiction Matrix Table with 40 Inventive Principles and Ideas generated

Contradicting Parameters	Inventive Principles	Ideas generated
21.Power VS 31.Object-generated Harmful Factors	2. Taking out	Demagnetize the residual magnetic field
	35. Parameter changes	-
	18. Mechanical vibration	Vibrate the pipeline to disalign magnetic domains
28.Measurement Accuracy VS 31.Object-generated Harmful Factors	3. Local quality	Demagnetize only the welding zone, no need to demagnetize the entire pipeline
	33. Homogeneity	-
	39. Inert atmosphere	-
	10. Preliminary action	Demagnetize the pipeline before the welding process

In Step 1.7, the initial Substance-Field Model is constructed with S1 (object) as Pipeline, S2 (tool) as Arc column, F1 as Residual magnetic field and F2 as Welding current. While welding Pipeline with Welding current (F2) through Arc column, Residual magnetic field (F1) causes a harmful function by exerting force through the pipeline to deviate the arc column. The useful function (weld) becomes insufficient (Dashed line) as shown in Fig. 12.

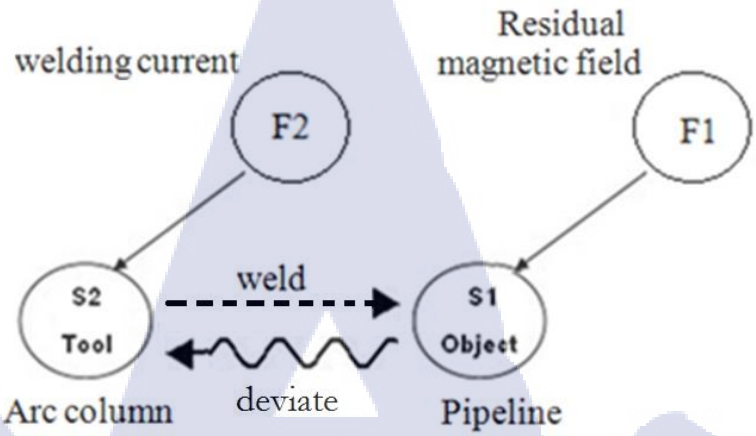


Fig. 12 Substance-Field Model of industrial pipeline maintenance problem

Instead of using the complicated System of Standard Solutions to find the solution for the above Substance-Field Model, the MAR Operators are deployed to manipulated the components in the system and its environment and the ideas are generated as in Table 5.

Table 5 The MAR Operators and Ideas generated

The MAR Operators	Component manipulated	Ideas generated
Modify	Field	Use Alternating Current instead of Direct Current for welding
	Substance	-
Add	Field2	Heat (thermal Field) or strike (mechanical Field) the pipeline to disalign magnetic domains
	Substance	-
Replace	Substance and Field	Replace electric welding machine with torch welding machine

The ideas generated in Step 1.4 and Step 1.7 can be combined to form solution concepts that are practical enough to solve the problem such as “burn or strike the pipeline locally at the welding zone before welding to disalign magnetic domains” or “Replace DC electric welding machine with other welding machine”. Unfortunately, sometimes the situation or condition of the problem might not allow the problem solver to change components freely or the solution concepts might not be ideal enough. That is why ARIZ emphasizes on the necessity of formulating “Mini-Problem” on the first Part and analyzing the resources in the system and its environment in the second Part that might be used to solve the problem internally without introducing external resources.

The following steps show how this problem can be solved ideally with the latter parts of ARIZ.

Step 3.4 Formulate the Physical Contradiction for the Micro-Level

The Physical Contradiction for the Micro-Level is formulated as follows,
"Free electrons" should flow around the pipe in the welding zone to create proper intensity and direction of magnetic field during welding time to eliminate the harmful effect of the very strong residual magnetic field, and should not flow around the pipe in the welding zone during pre-welding time to preserve the ability of the very strong residual magnetic field to detect corrosion part as shown in Fig. 13.

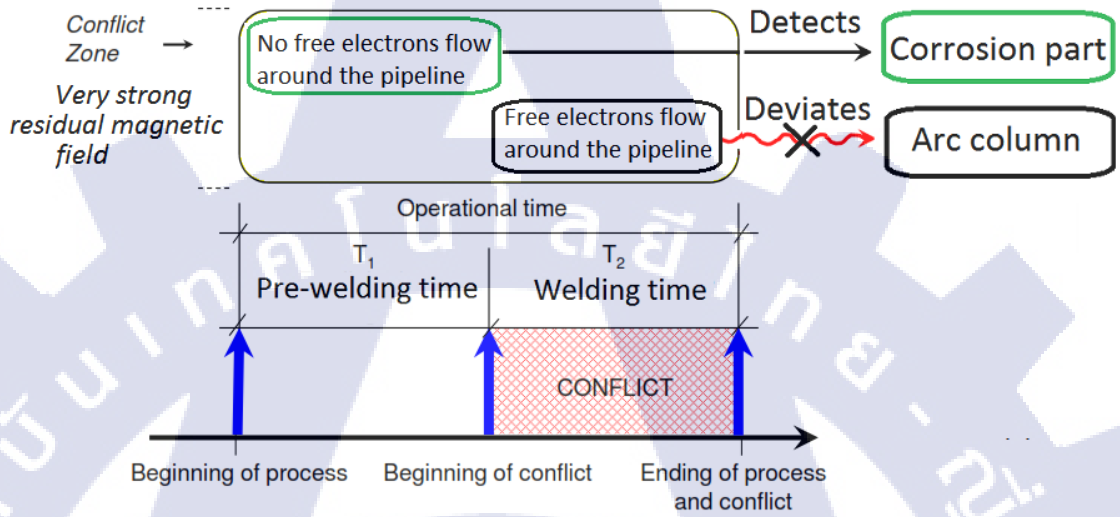


Fig. 13. Physical Contradiction for Micro-Level

Step 3.5 Formulate the Ideal Final Result (IFR-2)
The Ideal Final Result (IFR-2) from the Physical Contradiction for the Micro-Level is formulated as follows,
IFR-2: "Free electrons" should, on their own, flow around the pipe in the welding zone to create proper intensity and direction of magnetic field during welding time to eliminate the harmful effect of the very strong residual magnetic field, and should be, on their own, neutralized during pre-welding time to preserve the ability of the very strong residual magnetic field to detect corrosion part.
Step 3.6 Consider Solving the New Problem using the System of Standard Solutions
Consider Solving the New Problem in step 3.5 using Standard solution 1.2.5 with magnetic field from welding current as resource to generate ideas.
Standard solution 1.2.5 "Switching Off" a Magnetic Influence: which states that If it is necessary to eliminate the harmful effect of a magnetic field in a Substance-Field Model, the problem can be solved by applying the physical effects which are capable of "switching off" the ferromagnetic properties of substances, for example, by demagnetizing during an impact or during heating above the Curie point.

Potential solution: Use "Magnetic field from welding current".
Magnetic field from welding current is a derived resource in the system and can be utilized to counteract the residual magnetic field in the pipeline locally at the welding zone during the welding time. By winding the electrode lead and grounding wire around the pipe near the welding zone with proper amount of turns and direction, the

free electrons will, on their own, flow around the pipe in the welding zone to create proper intensity and direction of magnetic field during welding time as soon as the arc column is initiated, and during the non-destructive inspection process before the welding time, no free electron is flowing around the pipe, thus, the ability of the residual magnetic field to detect corrosion part can be preserved as shown in Fig 14.

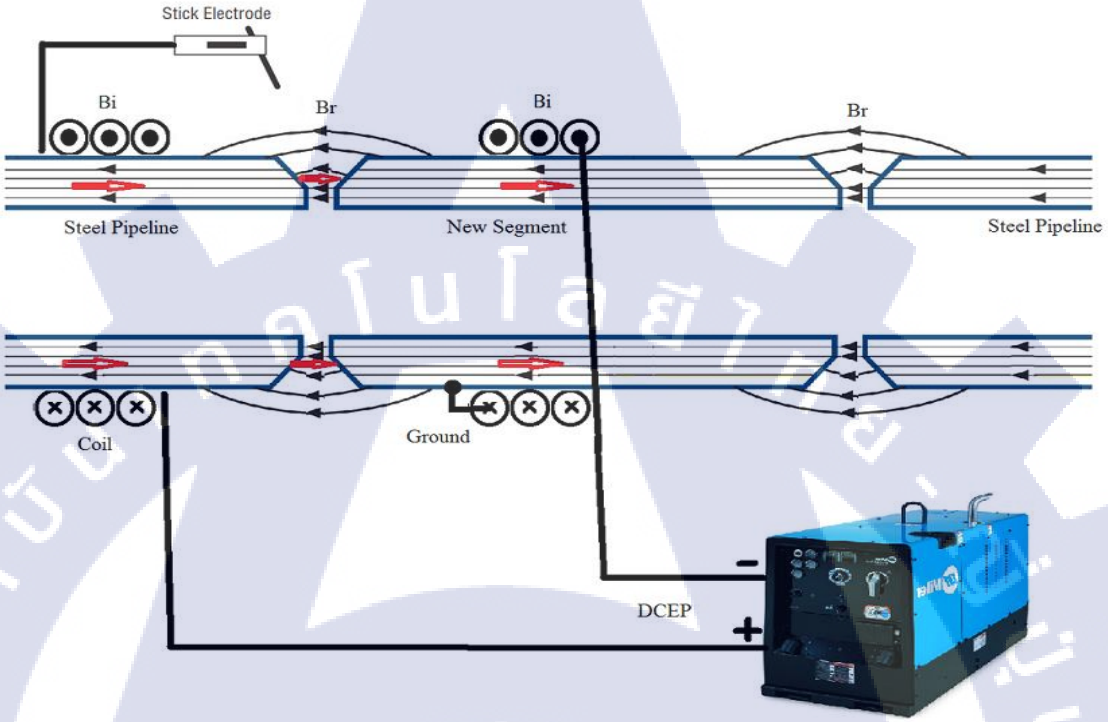


Fig. 14 Potential solution

The case study above shows that even the complex problem like the low quality arc welding problem during pipeline maintenance can be easily solved at the first part of ARIZ in the proposed algorithm. The Contradiction Matrix Table and 40 Inventive Principles, though maybe simple, are still useful in idea generation for resolving technical contradiction in Step 1.4. Moreover, the proposed MAR Operators in Step 1.7 is also very effective in manipulating components of the substance field system and its environment in order to improve the useful function or eliminating the harmful interaction without the burden of going into the details of System of Standard Solution.

Since it is quoted that more than 95 % of the problems are not complex [3], the proposed algorithm is sufficiently effective enough to solve general problems with Part 1 of ARIZ after which Part 7 can be reached for evaluating the solution concepts attained in Part 1. This will help make ARIZ more user-friendly and can be more popular among problem solver. ARIZ will be adopted more widely in industries and the academic world. Besides, when people are more acquainted with ARIZ, it will be easy for them to start solving complex problem ideally by exploring system resources and formulating Ideal Final Result and Physical Contradiction in the latter parts of ARIZ

5. Conclusions

A new version of ARIZ is proposed to facilitate the understanding and usage of problem solvers by integrating the 40 Inventive Principles and the MAR Operators into Part 1 of ARIZ without lessening the essence and originality of ARIZ-85C. A case study of industrial pipeline maintenance problem is used to test the effectiveness of the proposed version and comes out with satisfactory result. The new version is expected to be used widely for both general problem and complex problem and can be easily extended to cover the problem in the business and management area.
In addition, a computer software called "ARIZ-85C+" which supports this version of ARIZ, is under development. More rigorous testing and quantitative evaluation of the proposed version can be conducted with more cases in the near future.

References

[1] *G. Altshuller, B. Zlotin, A.Zusman, V. Philatov "ARIZ," in Tools of Classical TRIZ. Ideation International Inc., 1998, ch. 2, pp 20-68.*

[2] *Petrov V.M. History of Development of Algorithm for Inventive Problem Solving – ARIZ., Tel-Aviv, 2006*

[3] *Boris Zlotin and Alla Zusman., ARIZ on the Move, TRIZ-Journal, March 10, 1999*

[4] *Zlotin B.L., Zussman A.V., Litvin S.S., Petrov V.M. et al., Algorithm of Inventive Problem Solving - ARIZ-91, Saint Petersburg, 1997*

[5] *Pentti Soderlin, Thoughts on ARIZ – Do We Need to Redesign the ARIZ 2000?) , TRIZ-Journal , April 20, 2003*

[6] *V. Petro, Structure of ARIZ-2010. TRIZ Developers Summit 2009*

[7] *Rubin M.S, ARIZ-Universal-2010. TRIZ Developers Summit 2012.*

[8] *Rubin M.S, On developing ARIZ-Universal-2014, Proceeding of TRIZfest-2014, September 4-6, 2014*

[9] *Ginadi Filkovsky, Systematic Inventive Thinking, http://en.wikipedia.org/wiki/Systematic_inventive_thinking*

[10] *Roni Horowitz, CREATIVE PROBLEM SOLVING IN ENGINEERING DESIGN, DOCTOR THESIS SUBMITTED TEL-AVIV UNIVERSITY, May, 1999*

[11] *Ed Sickafus, Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent, Ford Motor Company, 1997*

[12] *Toru Nakagawa,Extension of USIT in Japan:A New Paradigm for Creative Problem Solving, The Fourth TRIZ Symposium in Japan 2008*

[13] *Invention Machine Corp: TechOptimizerTM – a TRIZ Software, http://www.invention-machine.com*

[14] *Ideation International Inc. Innovation WorkBench, http://www.ideationtriz.com*

[15] *Mann D., Hands-on Systematic Innovation, CREAX,Press, Belgium, 2002.*

[16] *Larry Ball., Hierarchical TRIZ Algorithms, TRIZ-Journal, May 3, 2005*

[17] *TriS Europe Innovation Academy, TriSolver, [Online]. Available at: http://www.trisolver.eu*

[18] Nickolay Shpakovsky., Solving Mill, [Online]. Available at: http://www.target-invention.com

[19] Denis Cavallucci., Inventive Design Method based on TRIZ, [Online]. Available at: http://www.time-to-innovate.com/en/content/idm-triz

[20] Gordon Cameron., TRIZICS, Appendix 8.8 Simplified ARIZ, p 352-358

[21] TRIZ Developers Summit, TRIZ Body of Knowledge, [Online]. Available at: http://triz-summit.ru/en/203941/

[22] The International TRIZ Association (MATRIZ), TRIZ Specialist certification program [Online]. Available at: http://matriz.org/

[23] TRIZ Korea Inc., ARIZ, [Online]. Available at: http://triz.co.kr/TRIZ/frame.html

[24] Semyon D. Savransky: Engineering of Creativity. Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving; CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000

[25] Altshuller., Creativity As an Exact Science, January 16, 1984

[26] Iouri Belski. Improve your Thinking: Substance-Field Analysis. TRIZ4U., 2007

[27] G. Altshuller. (1985). 76 Standard Solutions, translated and edited by Shinsuke Kuroswa. (2013) [Online]. Available at: http://www.trizstudy.com/altshuller1988.html

[28] Isak Bukhman. "Resources and Parameters of Resources," in TRIZ Technology for Innovation. Cubic Creativity Company, 20128, ch. 6, pp 187-210.

[29] Ellen Domb. (1998). Using the Ideal Final Result to Define the Problem to Be Solved [Online]. Available at: http://www.triz-journal.com/archives/1998/06/d/index.htm

[30] Kaplan, Stan. An Introduction to TRIZ, the Russian Theory of Inventive Problem Solving. Ideation International Inc., 1969

[31] Altshuller Genrich. "40 Principles," in TRIZ Keys to Technical Innovation. translated and edited by Lev Shulyak and Steven Rodman. Worchester, Mass.: Technical Innovation Center, 1997, ch. 2, pp 25-65.

[32] BENJABOONYAZIT, T.. Systematic Approach to Problem Solving of Low Quality Arc Welding during Pipeline Maintenance Using ARIZ (Algorithm of Inventive Problem Solving). Engineering Journal, Thailand, 18, oct. 2014.

ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานระบบ ARIZ 85C+

สำหรับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

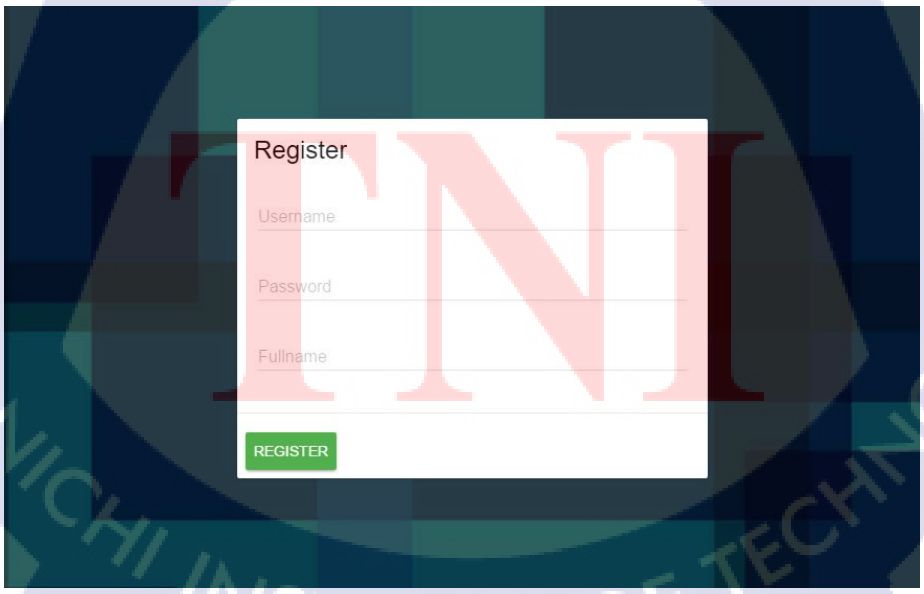
1. การเข้าสู่ระบบ (Login)

ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบ ARIZ 85C+ เพื่อการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ http://trizit.net/ariz85c ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการใส่ Username และรหัสผ่าน แล้วกดปุ่ม Login ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 หน้าต่างสำหรับเข้าสู่ระบบ ARIZ 85C+

2. การสมัครสมาชิก

ผู้ใช้จำเป็นต้องสมัครสมาชิกของระบบ ARIZ 85C+ เพื่อเริ่มใช้งานระบบ จากหน้าต่างดังภาพที่ 1 ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Register เพื่อเข้าสู่การลงทะเบียนสมัครสมาชิกของระบบ ดังภาพที่ 2

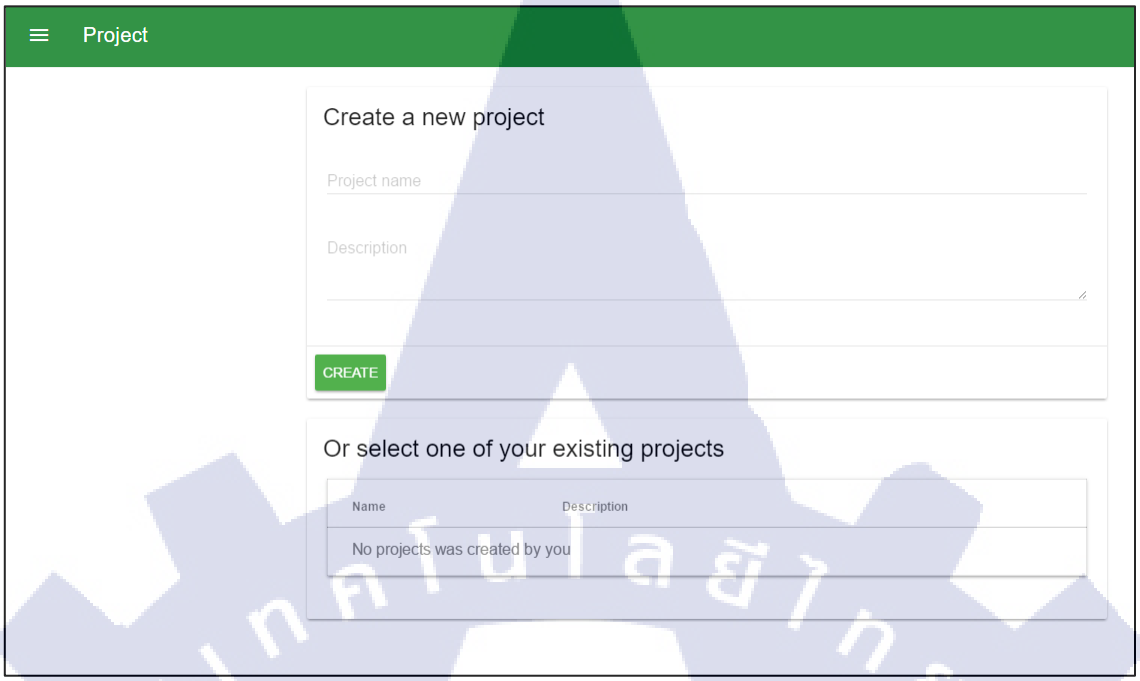


ภาพที่ 2 หน้าต่างสำหรับลงทะเบียนระบบ ARIZ 85C+

ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอก Username, รหัสผ่าน, และ ชื่อของผู้ใช้ จากนั้นกดปุ่ม Register เพื่อทำการลงทะเบียน

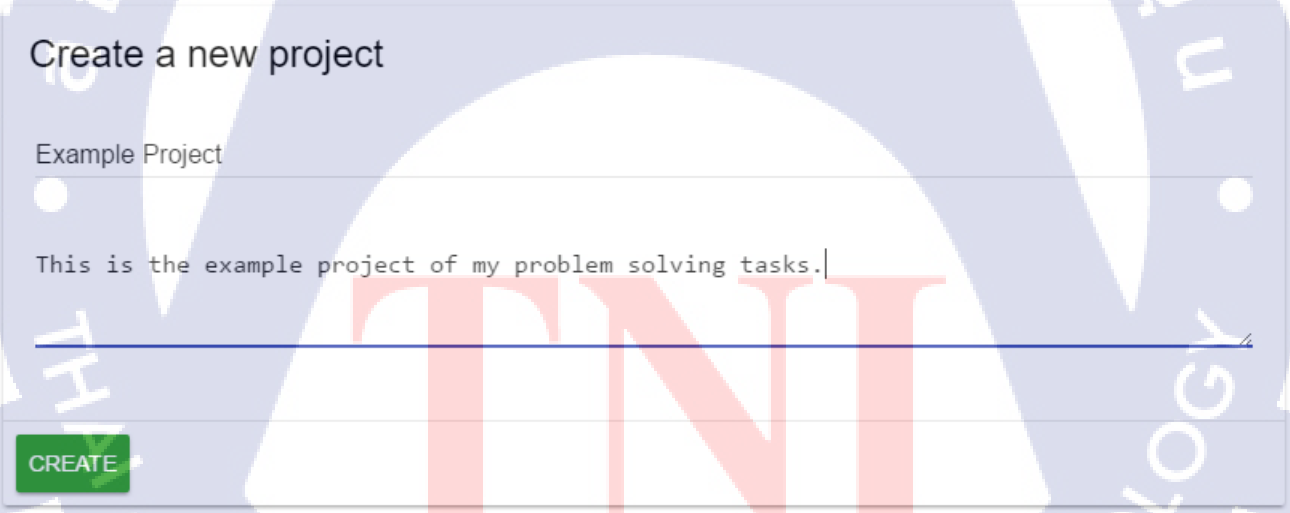
3. หน้าต่างโปรเจคของระบบ ARIZ 85C+

เมื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบสำเร็จแล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้าต่างโปรเจคของระบบ ARIZ 85C+

3.1 ส่วนสร้างโปรเจค เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรเจคใหม่ขึ้นมาได้ โดยโปรเจคที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ จะไปอยู่ในรายการโปรเจค



ภาพที่ 4 ส่วนสร้างโปรเจคในหน้าต่างโปรเจค

ผู้ใช้สามารถสร้างโปรเจคได้ด้วยการกรอกชื่อ และรายละเอียดโดยคร่าวของโปรเจค จากนั้นกดปุ่ม Create เพื่อทำการสร้างโปรเจค

3.2 รายการโปรเจค เป็นรายการของโปรเจคที่ผู้ใช้มีอยู่ ณ ปัจจุบัน ประกอบไปด้วย

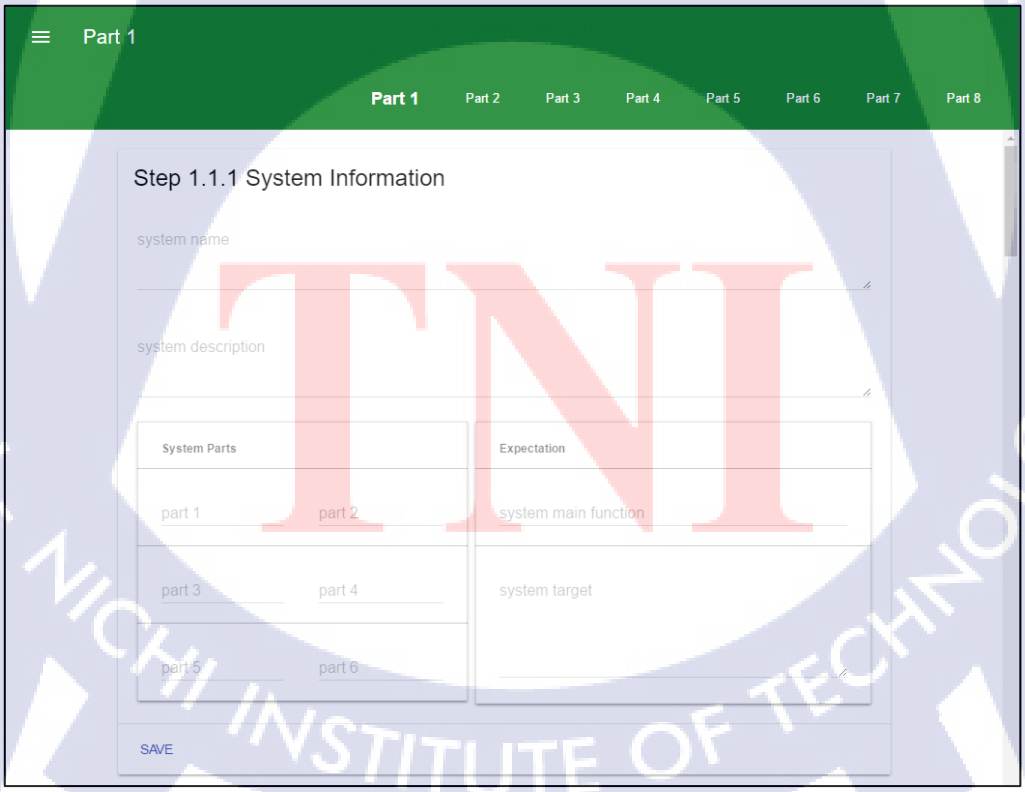
ภาพที่ 5 ส่วนเลือกโปรเจคที่มีของผู้ใช้ เพื่อใช้ในระบบ ARIZ 85C+

- ชื่อโปรเจค สามารถคลิกเพื่อเข้าสู่หน้าต่างทำงานหลักของระบบ ARIZ 85C+ ในการแก้ไขปัญหาของโปรเจค
- คำอธิบายโดยคร่าวของโปรเจคนั้น ๆ ซึ่งผู้ใช้กรอกในช่วงที่สร้างโปรเจค
- ปุ่ม Delete เพื่อลบโปรเจคนั้น

4. หน้าต่างทำงานหลักของระบบ ARIZ 85C+

ระบบ ARIZ 85C+ แบ่งออกเป็น 8 ส่วน (Parts) ซึ่งในแต่ละส่วนนั้น เป็นแต่ละขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะถูกอธิบายในอันดับถัดไป

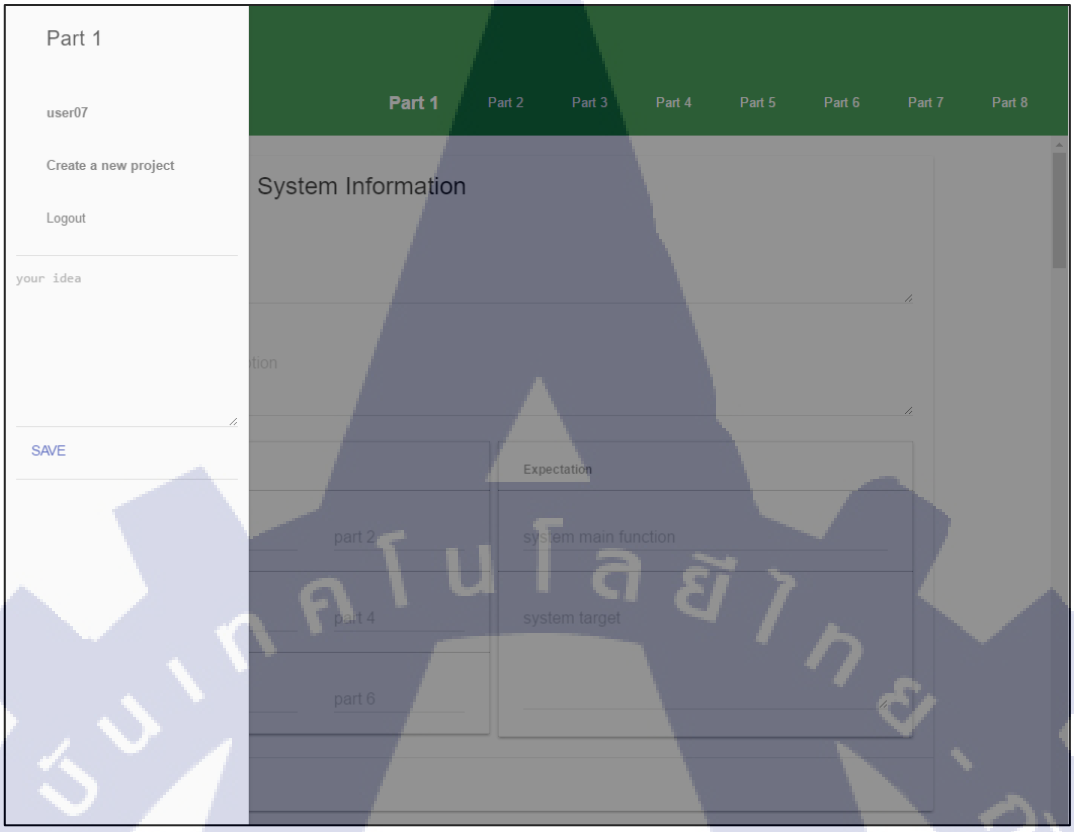
สำหรับหน้าต่างหลักของระบบ ARIZ 85C+ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักด้วยกัน คือ 1. ส่วนทำงาน และ 2. เมนูของระบบ



ภาพที่ 6 หน้าต่างทำงานหลักของระบบ ARIZ 8C+

4.1 ส่วนทำงาน เป็นส่วนที่ผู้ใช้ กรอกข้อมูล และลำดับความคิดของตนในระบบ ดังภาพที่ 6

4.2 เมนูของระบบ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เมนูของระบบ ARIZ 85C+

เมื่อผู้ใช้ทำงานอยู่ในหน้าต่างทำงานหลักของระบบ ARIZ 85C+ ไม่ว่าจะในส่วน (Part) ใดของระบบก็ตาม ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม ที่อยู่บริเวณมุมซ้ายบนของหน้าต่าง เพื่อเรียกเมนูของระบบขึ้นมา รายละเอียดของเมนูของระบบมีดังนี้

- ชื่อของผู้ใช้
- ปุ่ม Create a new project เพื่อกลับไปสู่หน้าต่างโปรเจค
- ปุ่ม Logout เพื่อออกจากระบบ
- ช่อง your idea ใช้ในการกรอกความคิดของผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้เกิดความคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหา และกดปุ่ม Save เพื่อบันทึกความคิดนั้น

5. Part 1

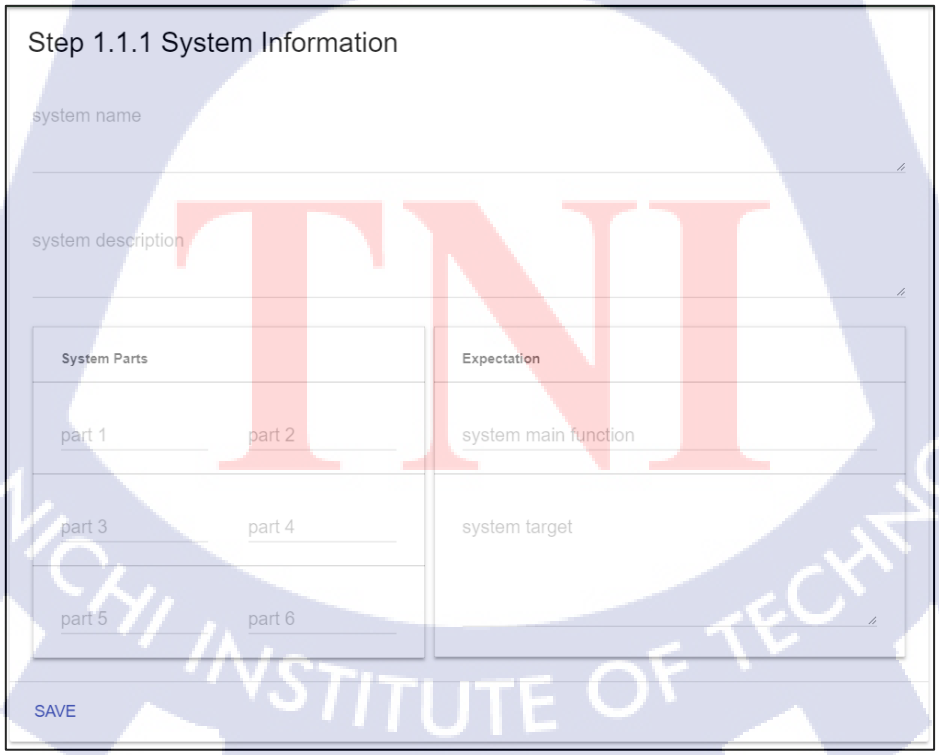
ส่วนที่ 1 ของระบบ ARIZ 85C+ เป็นส่วนของการวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาขั้นต้น ส่วนที่ 1 ถูกแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนย่อยดังนี้

5.1 Step 1.1: Formulate the Mini-Problem

ภาพที่ 8 Step 1.1

ขั้นตอนที่ 1.1 นี้เป็นขั้นตอนของการระบุปัญหา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนย่อยดังนี้

5.1.1 Step 1.1.1 System Information



ภาพที่ 9 Step 1.1.1

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

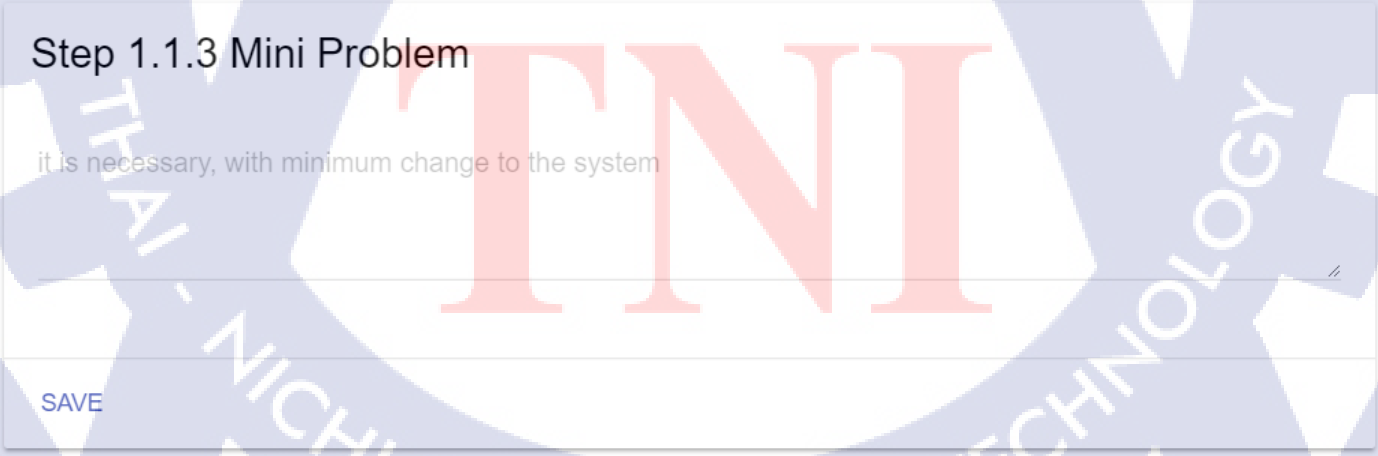
ในขั้นตอนที่ 1.1.1 ดังภาพที่ 9 ผู้ใช้ต้องระบุชื่อของระบบ องค์ประกอบของระบบ จุดประสงค์ของระบบ รวมถึงเป้าหมายของระบบว่าใช้กระทำกับอะไร กระทำอย่างไรกับเป้าหมายด้วย จากนั้นกด SAVE เพื่อบันทึก

5.1.2 Step 1.1.2 Technical Contradictions

ภาพที่ 10 Step 1.1.2

ในขั้นตอนที่ 1.1.2 ดังภาพที่ 10 ผู้ใช้ต้องระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิคในระบบที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ลักษณะของข้อขัดแย้งทางเทคนิคคือ ถ้ากระทำสิ่งหนึ่ง จะเกิดผลอย่างที่สอง แต่มีผลข้างเคียงอย่างที่สามตามมา เป็นต้น โดยสามารถระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิคได้สูงสุด 2 ข้อขัดแย้งด้วยกัน จากนั้นกด SAVE เพื่อบันทึก

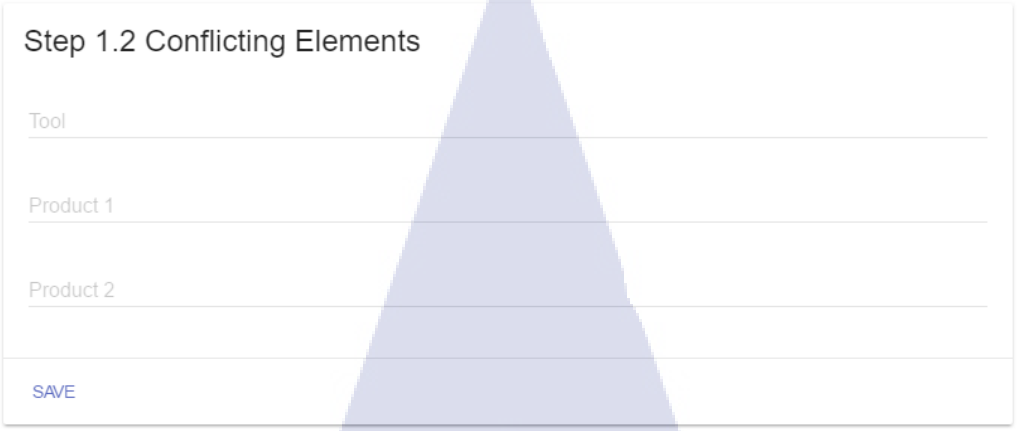
5.1.3 Step 1.1.3 Mini Problem



ภาพที่ 11 Step 1.1.3

ในขั้นตอนที่ 1.1.3 ดังภาพที่ 11 ผู้ใช้ต้องระบุสิ่งที่เล็กน้อยที่สุดต้องการเปลี่ยนในระบบของปัญหา เมื่อสิ่งนี้เปลี่ยนแปลงแล้วจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาที่ระบุไว้ได้ เมื่อผู้ใช้กรอกเรียบร้อยแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

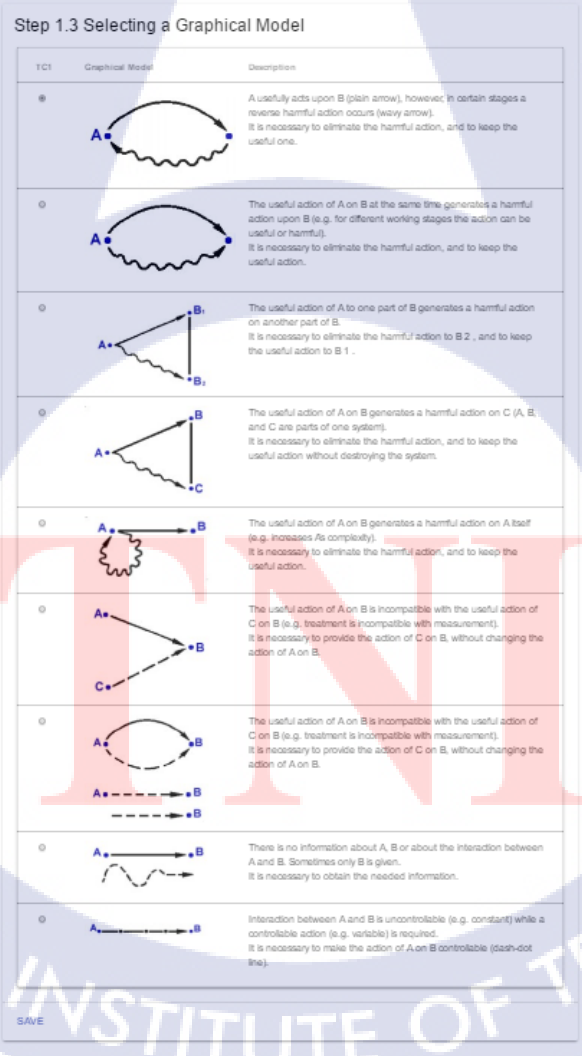
5.2 Step 1.2: Conflicting Elements



ภาพที่ 12 Step 1.2

ในขั้นตอนที่ 1.2 ผู้ใช้ต้องใส่ Tool และ Product ของระบบของปัญหา ซึ่ง Product คือผลลัพธ์หรือชิ้นส่วนของระบบที่ได้รับผลมาจาก Tool ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งของระบบเช่นกัน โดยที่มีช่องให้ใส่ Product ทั้งสิ้น 2 ช่อง Tool 1 ช่อง เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

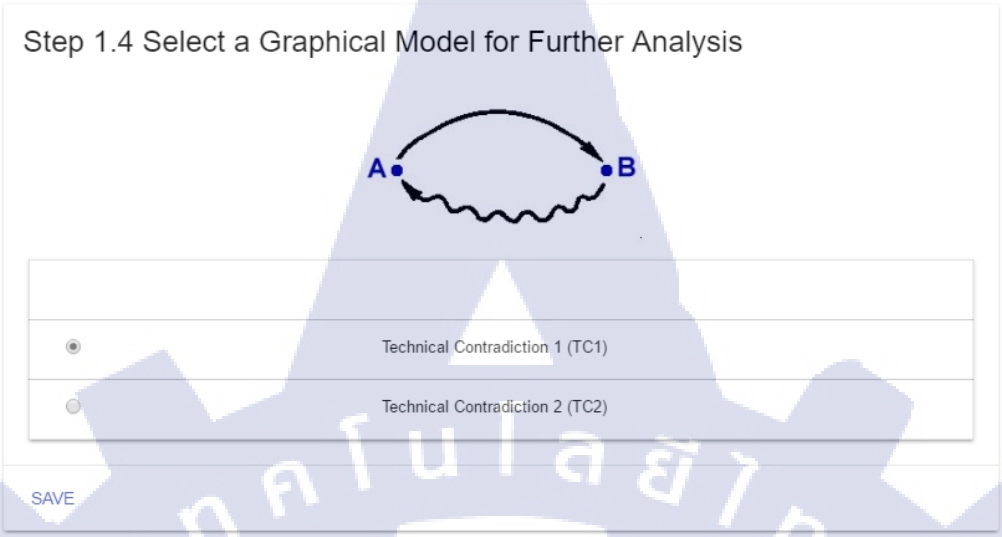
5.3 Step 1.3: Selecting a Graphical Model



ภาพที่ 13 Step 1.3

ขั้นตอนที่ 1.3 ผู้ใช้ต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับ Tool และ Product ที่ใส่ไว้ในช่วงของการระบุ Conflicting Elements ในขั้นตอน 1.2 โดยที่ A ในโมเดลคือ Model และ B, C คือ Product ตามลำดับ ในบางโมเดลที่มี B1 และ B2 นั่นคือ B1 และ B2 ต่างเป็นส่วนประกอบของ Product เดียวกัน (Product B) เมื่อผู้ใช้เลือกโมเดลที่เหมาะสมแล้ว กด SAVE ด้านล่างเพื่อบันทึก

5.4 Select a Graphical Model for Further Analysis



ภาพที่ 14 Step 1.4

ขั้นตอนที่ 1.4 ผู้ใช้ต้องเลือกต่อจากขั้นตอนที่ 1.3 ว่า จากโมเดลที่เลือกในขั้นตอนที่ 1.3 จะใช้ในการแก้ข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคใด ระหว่าง Technical Contradiction 1 (TC 1) หรือ Technical Contradiction 2 (TC 2) ที่ได้ระบุไว้ในขั้น 1.1.2 เมื่อเลือกแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

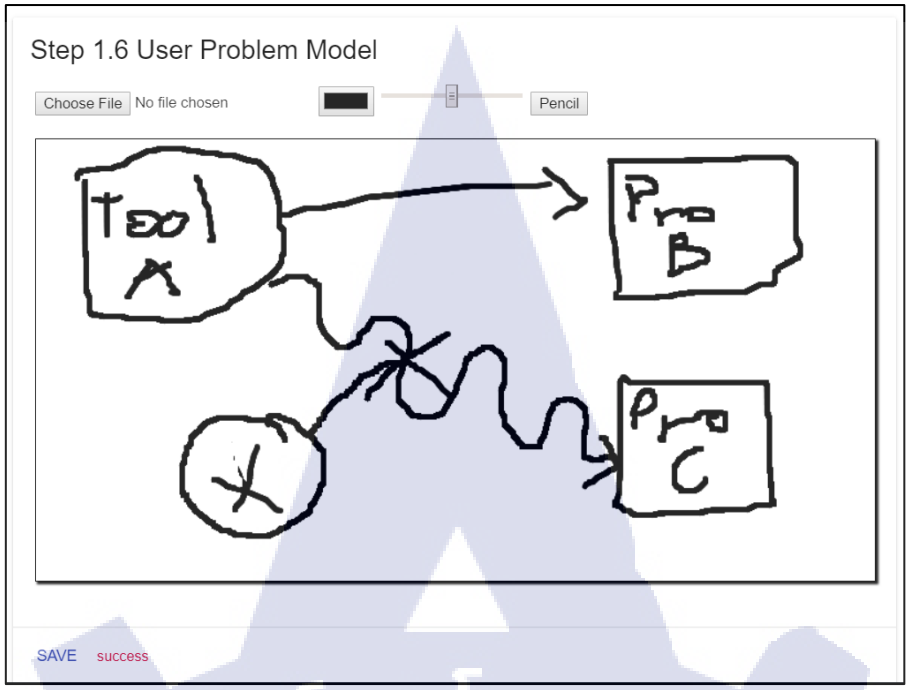
5.5 Step 1.5: Intensified Statement of Conflict

ภาพที่ 15 Step 1.5

ขั้นตอนที่ 1.5 ผู้ใช้จะต้องเขียนข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1.4 ให้มีความหนักหน่วงมากยิ่งขึ้น เช่น เปลี่ยนคำจาก “ลดจำนวน” เป็น “ทำให้หายไป” เป็นต้น เมื่อกรอกข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคใหม่แล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

5.6 Step 1.6: User Problem Model

ขั้นตอนที่ 1.6 ผู้ใช้จะต้องวาดโครงร่างของปัญหา ว่าระบบที่เกิดปัญหาขึ้น มีชิ้นส่วนใด ก่อให้เกิดผลลัพธ์ใด และก่อให้เกิดปัญหาใดในระบบ รวมทั้ง ควรหาองค์ประกอบ (Element “x”) ที่คาดว่า น่าจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนที่แก้ไขปัญหาดังระบุใน Step 1.1.3 และ 1.5 ได้ เมื่อวาดโครงร่างเรียบร้อยแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก



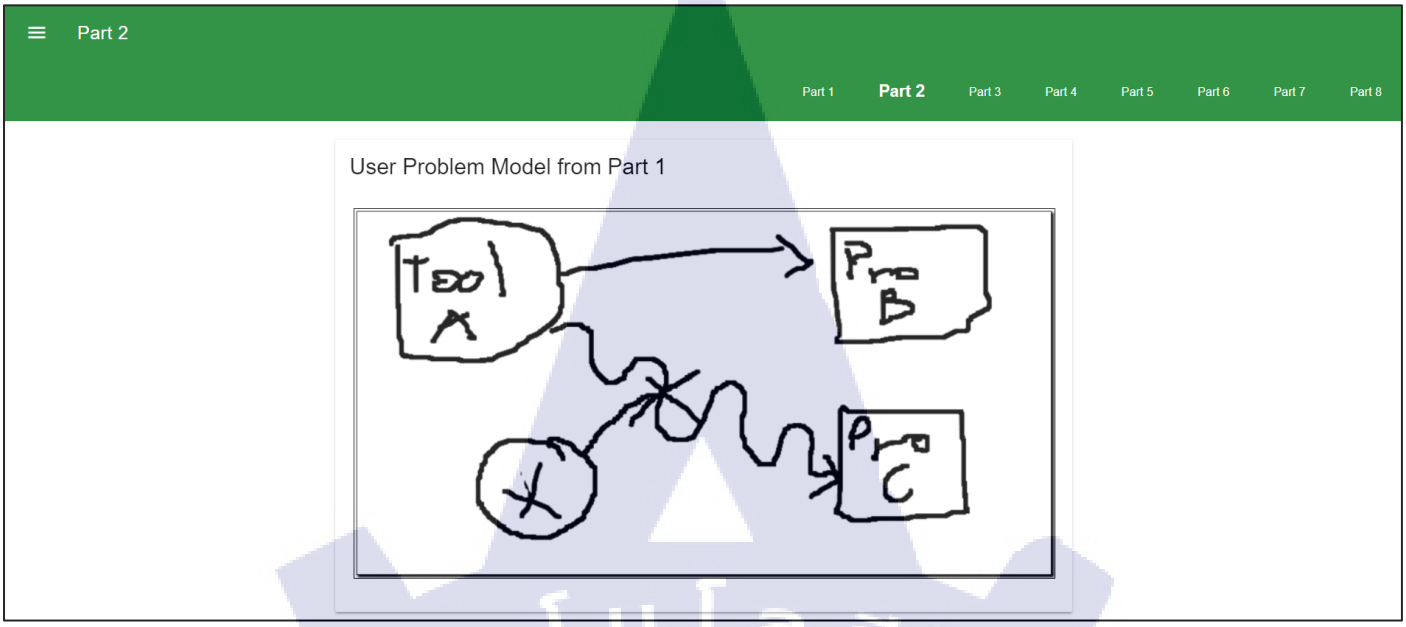
ภาพที่ 16 Step 1.6

5.7 Step 1.7: Apply the System of Standard Solutions

ภาพที่ 17 Step 1.7

ขั้นตอนที่ 1.7 เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ได้ค้นหาวิธีแก้ปัญหาขั้นต้นด้วยการใช้ TRIZ ในการแก้ข้อขัดแย้งเชิงเทคนิค ในขั้นตอนนี้จะนำผู้ใช้ไปยังเว็บไซต์ที่ชื่อ triz40.com ที่เปิดให้ผู้ใช้ได้เลือกคุณสมบัติของระบบที่ต้องการสงวนไว้ และคุณสมบัติของระบบที่ต้องการพัฒนา ผู้ใช้จะได้รับหลักการในการแก้ปัญหาของ TRIZ มา ตามที่คุณสมบัติของระบบที่ผู้ใช้ได้กรอกไว้

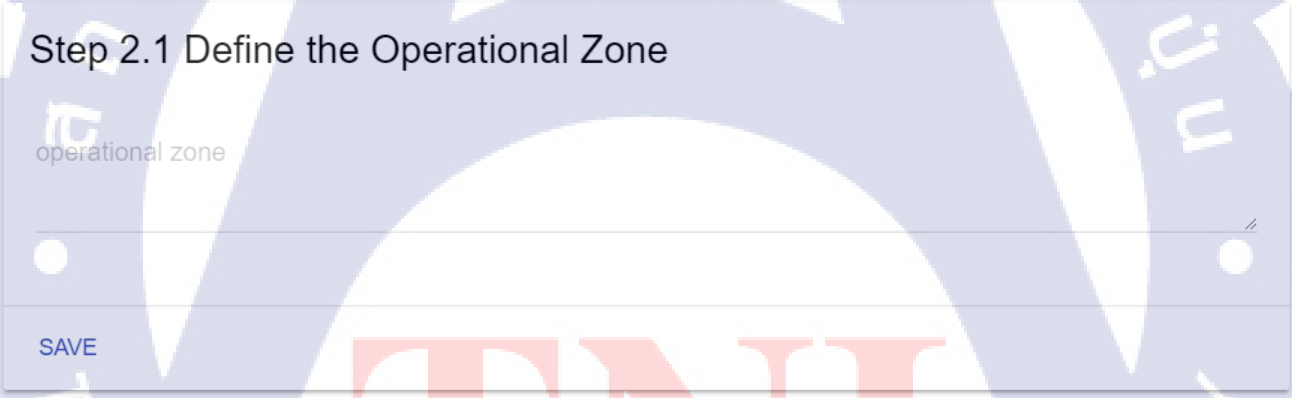
6. Part 2



ภาพที่ 18 Part 2

ส่วนที่ 2 ของระบบ ARIZ 85C+ เป็นการระบุองค์ประกอบของระบบปัญหา เพื่อที่จะใช้ช่วยแก้ไขปัญหา ซึ่งในส่วนที่ 2 นี้ จะมีการแสดงผลโครงร่างของปัญหา ดังที่วาดไว้ในส่วน 1.6 ของระบบ และผู้ใช้งานระบบสามารถกรอกข้อมูลลงใน 3 ส่วนย่อยของส่วนที่ 2 นี้แบ่งเป็น

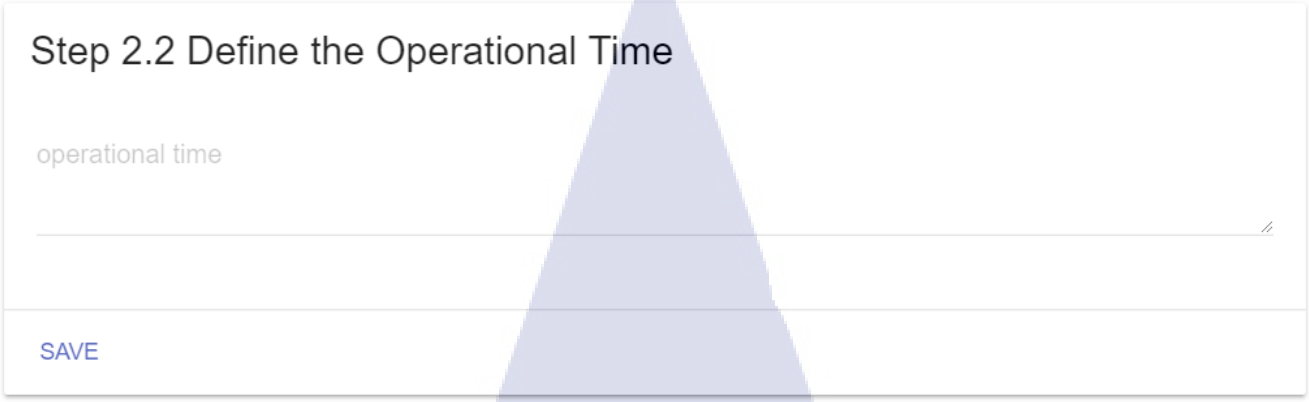
6.1 Step 2.1: Define the Operational Zone



ภาพที่ 18 Step 2.1

ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถกรอกข้อมูลของพื้นที่ หรือบริเวณที่ระบบที่มีปัญหามีการทำงาน เมื่อกรอกเรียบร้อยแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

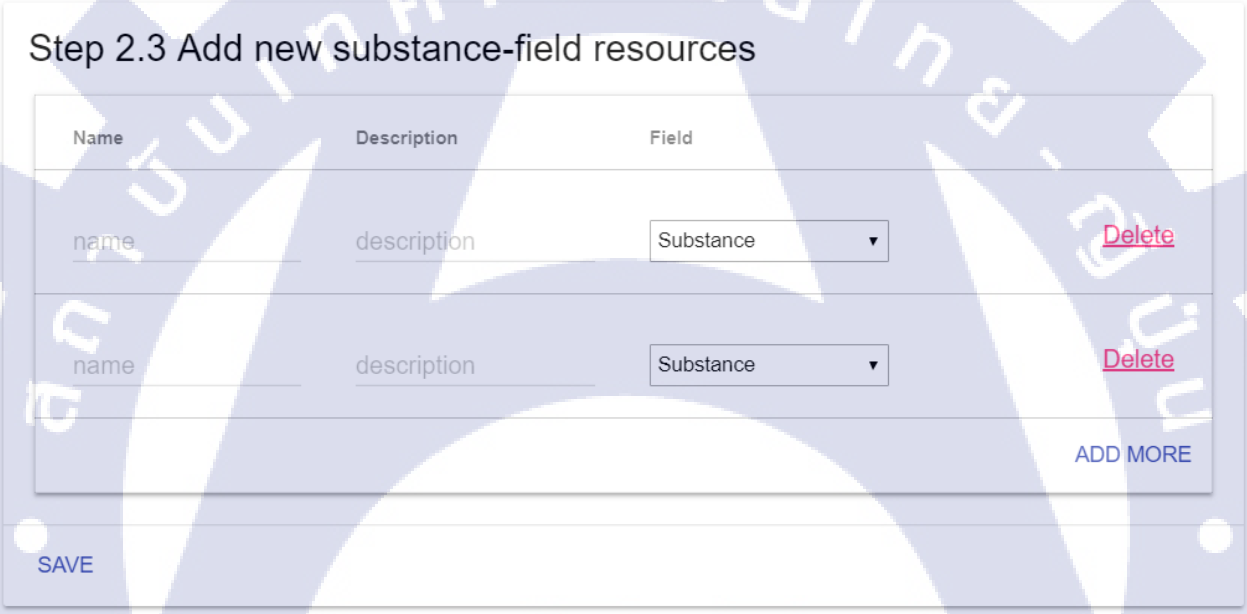
6.2 Step 2.2: Define the Operational Time



ภาพที่ 19 Step 2.2

ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถกรอกข้อมูลช่วงเวลาที่ระบบที่มีปัญหามีการทำงาน เมื่อกรอกเรียบร้อยแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

6.3 Step 2.3: Add new substance-field resources



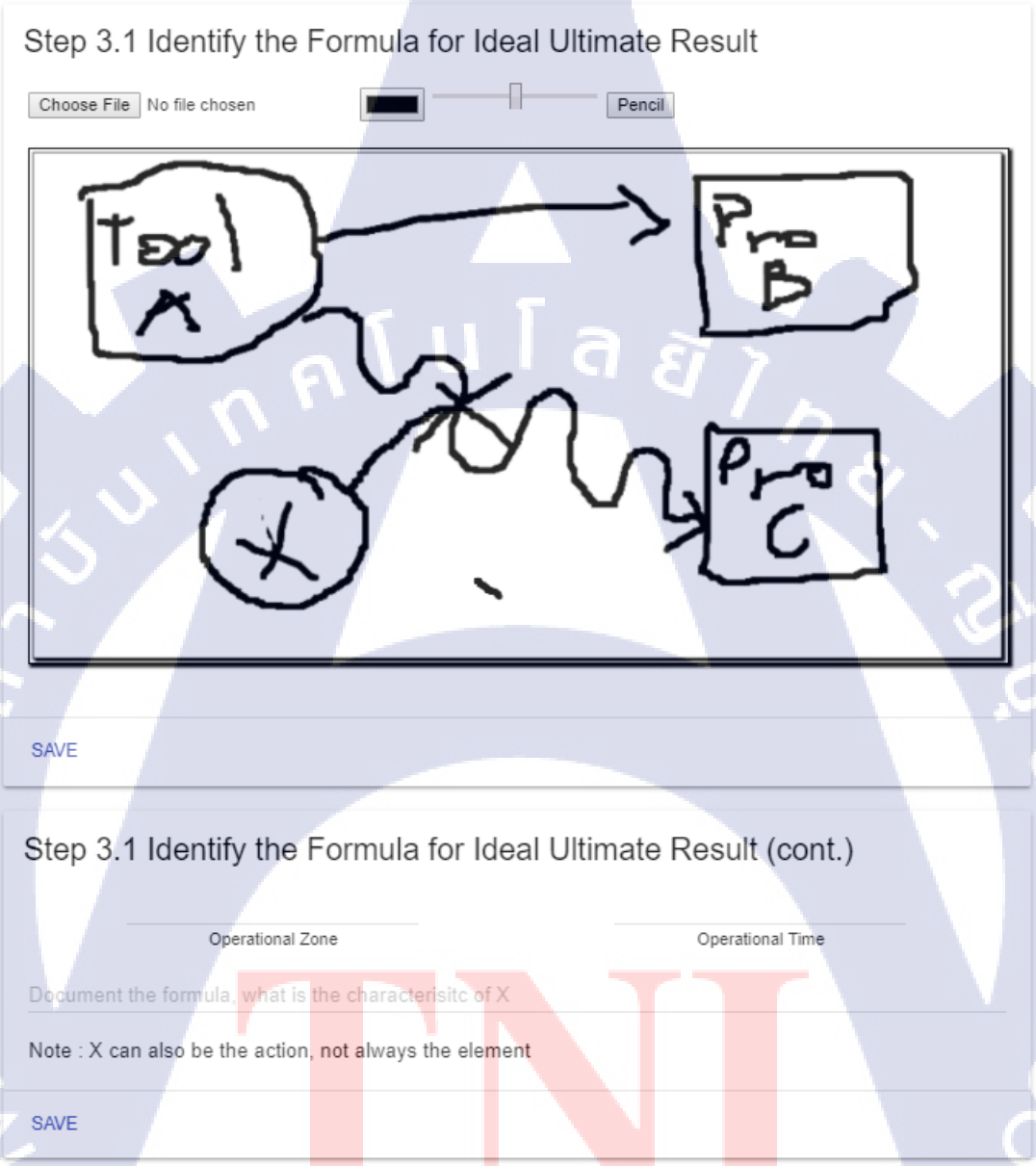
ภาพที่ 20 Step 2.3

ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถกรอกข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาด้วยระบบสสาร-สนาม ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุ (สสาร) และพื้นที่ (สนาม) ผู้ใช้งานสามารถเลือกชนิดของสิ่งที่กรอกเข้ามาว่าเป็นสสารหรือสนาม และยังสามารถเพิ่มสิ่งที่กรอกเข้ามาได้เพิ่มเติม ด้วยการกดปุ่ม ADD MORE เมื่อกรอกเรียบร้อยแล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

7. Part 3

ส่วนที่ 3 ของระบบ ARIZ 85C+ ให้ผู้ใช้งานระบบกรอกข้อมูลเพื่อหาทางแก้ปัญหา ในส่วนนี้มีการกรอกข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาขั้นสุดท้าย, การหาความขัดแย้งของปัญหาในระดับย่อย, และการใช้ระบบมาตรฐานเพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางแก้ขั้นสุดท้ายที่ได้ระบุไว้ ในส่วนที่ 3 ของระบบ ARIZ 85C+ แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

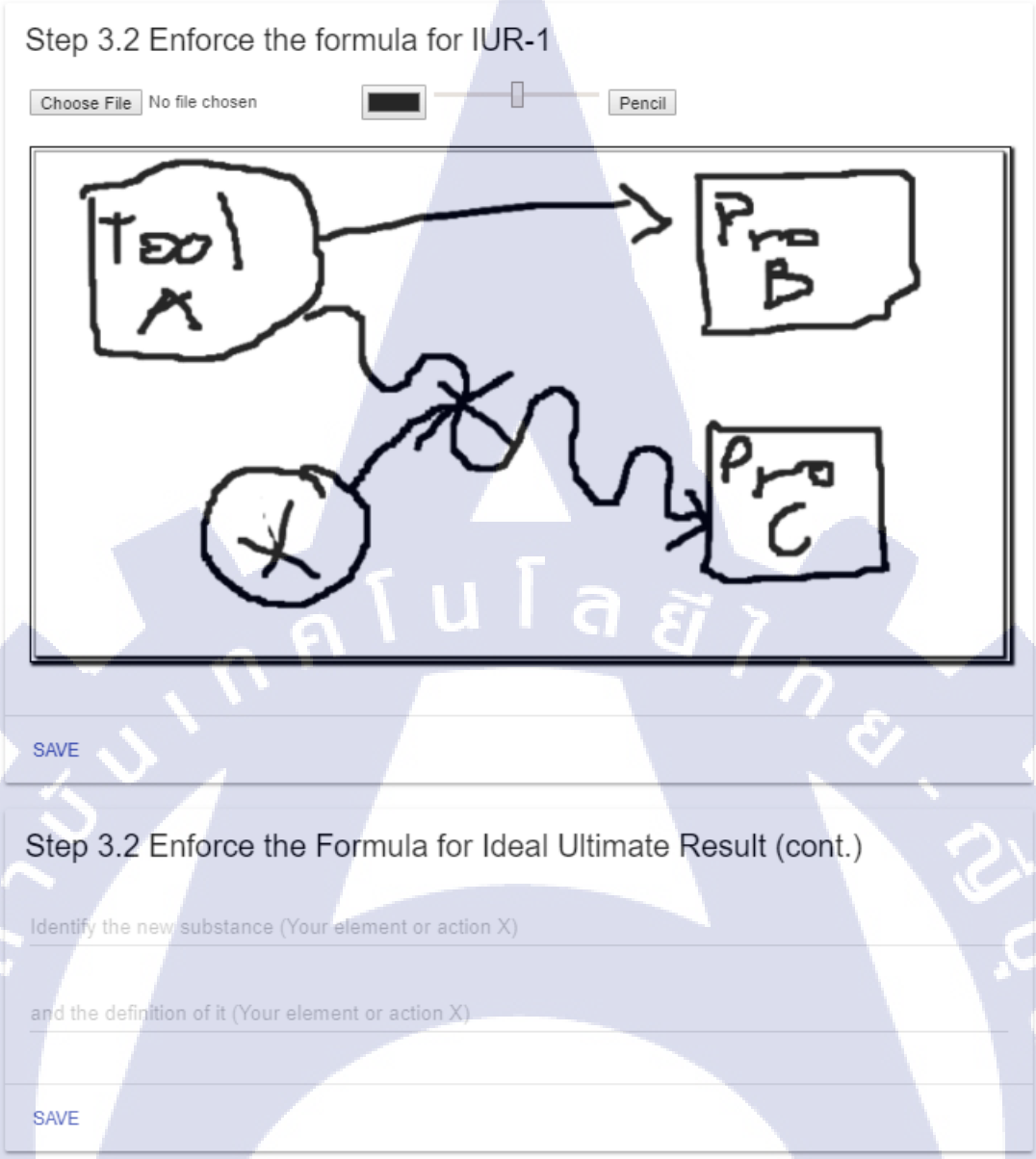
7.1 Step 3.1: Identify the Formula for Ideal Ultimate Result



ภาพที่ 21 Step 3.1

ในขั้นที่ 3.1 ผู้ใช้ต้องระบุแนวทางการแก้ปัญหา ด้วยการระบุคุณลักษณะขององค์ประกอบ x (ดังที่เคยได้ใส่ข้อมูลมาแล้วในขั้นที่ 1.6) ซึ่งองค์ประกอบ x นี้ไม่ควรทำให้ระบบมีความซับซ้อน, ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบกับระบบของปัญหา, และกำจัดปัญหาออกไปได้ ในช่วงเวลาและบริเวณที่ระบบที่มีปัญหานี้ทำงาน ในขณะเดียวกัน ระบบยังต้องสามารถคงการทำงานเดิม (ผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์เดิมของระบบ) ได้อีกด้วย ในขั้นที่ 3.1 นี้ ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถวาดภาพประกอบเพิ่มเติมจากขั้นที่ 1.6 ได้ (สามารถกด SAVE เพื่อบันทึก) และสามารถกรอกแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการกรอกคุณลักษณะขององค์ประกอบ x ได้อีกด้วย (สามารถกด SAVE เพื่อบันทึก)

7.2 Step 3.2: Enforce the Formula for Ideal Ultimate Result

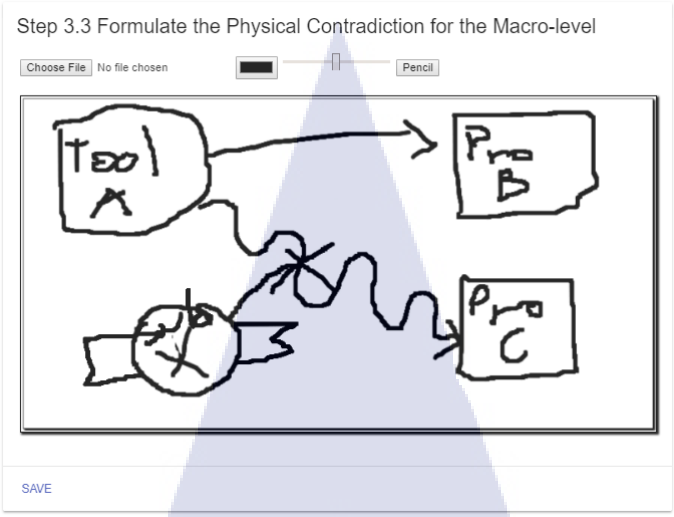


ภาพที่ 22 Step 3.2

ในขั้นที่ 3.2 ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถเสริมแนวทางการแก้ปัญหาจากขั้นตอน 3.1 ด้วยการระบุองค์ประกอบ x และคำอธิบายขององค์ประกอบ x ผู้ใช้สามารถเขียนองค์ประกอบ x เพิ่มเติมในในส่วนรูปวาดที่เป็นส่วนต่อเนื่องมาจาก 3.1 (กด SAVE เพื่อบันทึก) และสามารถเขียนรายละเอียดขององค์ประกอบ x (กด SAVE เพื่อบันทึก)

7.3 Step 3.3: Formulate the Physical Contradiction for the Macro-level

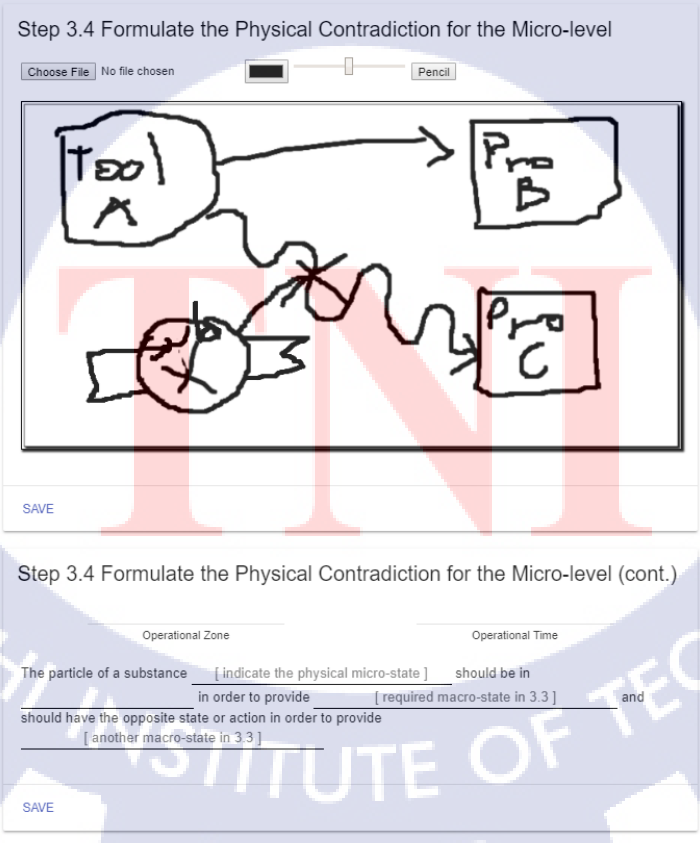
ในขั้นที่ 3.3 ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถระบุความขัดแย้งเชิงกายภาพของปัญหาในระดับ Macro (ไม่ละเอียดมากนัก) ด้วยการวาดภาพเพิ่มเติมจากขั้น 3.2 และเขียนรายละเอียดลงในช่องที่กำหนดให้ (กด SAVE เพื่อบันทึก)



ภาพที่ 23 Step 3.3

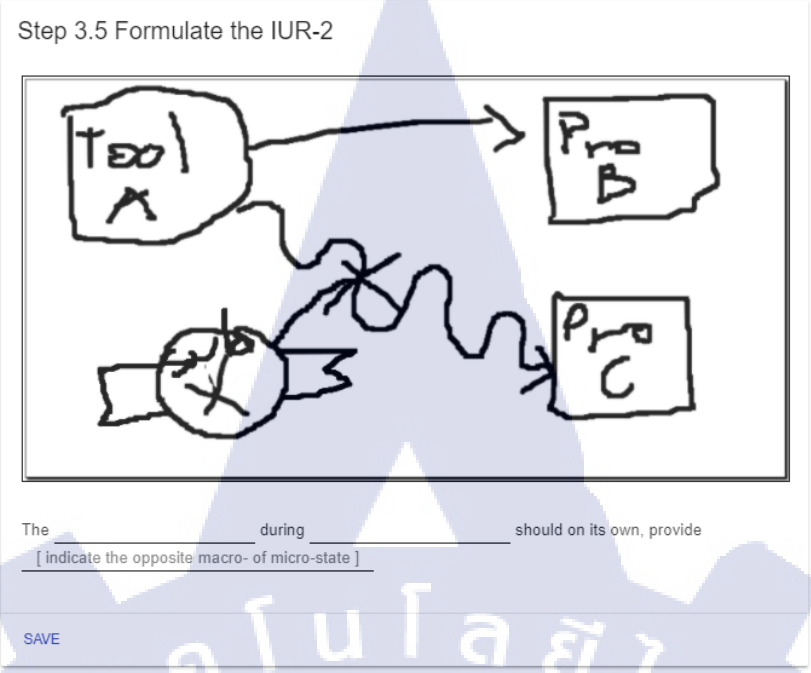
7.4 Step 3.4: Formulate the Physical Contradiction for the Micro-level

ในขั้นที่ 3.4 ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถระบุความขัดแย้งเชิงกายภาพของปัญหาในระดับ Micro (ละเอียด) ด้วยการวาดภาพเพิ่มเติมจากขั้น 3.3 และเขียนรายละเอียดลงในช่องที่กำหนดให้ (กด SAVE เพื่อบันทึก)



ภาพที่ 24 Step 3.4

7.5 Step 3.5 Formulate the IUR-2



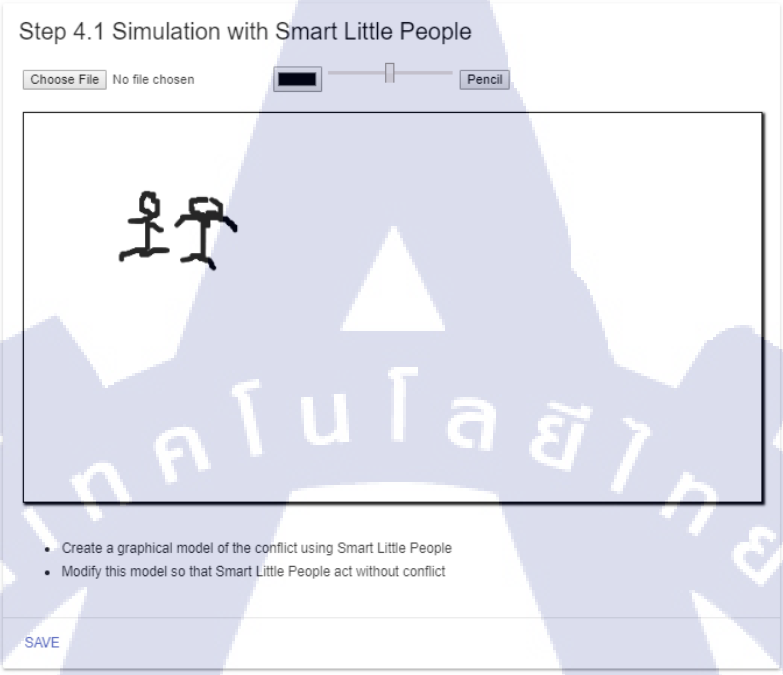
ภาพที่ 25 Step 3.5

ในขั้นตอนที่ 3.5 ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถเขียน Ideal Ultimate Result 2 (IUR-2) ซึ่งเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาขั้นสุดท้าย ด้วยรูปแบบคือ “ในบริเวณที่ระบบทำงาน ในช่วงเวลาที่ระบบทำงาน ควรจะสามารถกระทำผลลัพธ์ (IUR-2) ได้ด้วยตัวเอง

8. Part 4

ส่วนที่ 4 ของระบบ ARIZ 85C+ ผู้ใช้งานสามารถหาแนวทางอื่นในการแก้ปัญหา ในกรณีที่ปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้ภายใน 3 ส่วนแรกของระบบ ในแต่ละส่วนย่อยของส่วนที่ 4 ไม่ใช่ขั้นตอนเหมือนใน 3 ส่วนแรกของระบบ แต่เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วย

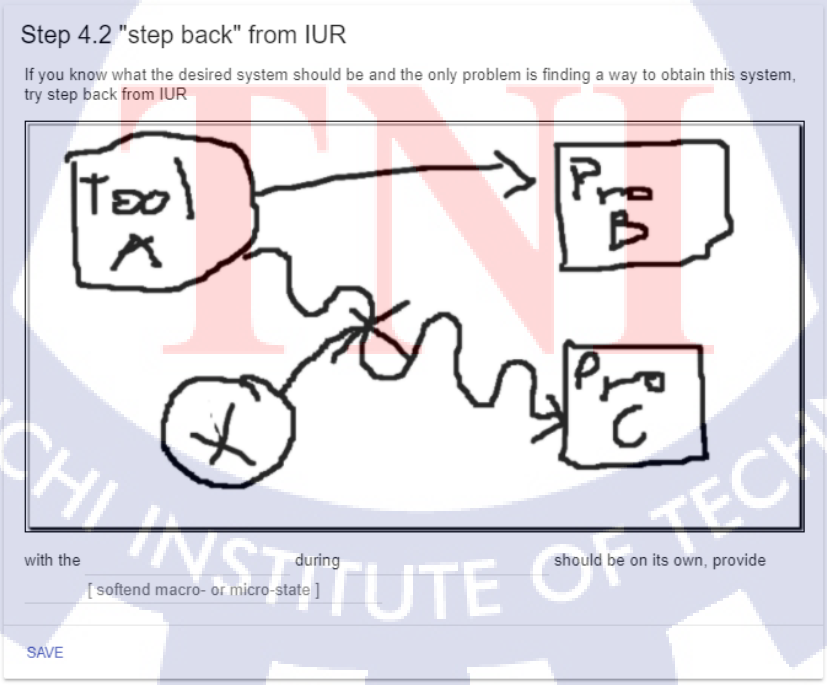
8.1 Step 4.1 Simulation with Smart Little People



ภาพที่ 26 Step 4.1

ส่วน 4.1 เป็นการแก้ปัญหาด้วยการจินตนาการผู้ใช้งานเป็นคนตัวเล็ก ๆ ที่เมื่อเข้าไปดูในระบบในระดับเล็กมาก ๆ แล้ว จะหาทางแก้ปัญหาได้อย่างไร ผู้ใช้สามารถวาดแผนภาพ และบันทึกด้วยปุ่ม SAVE

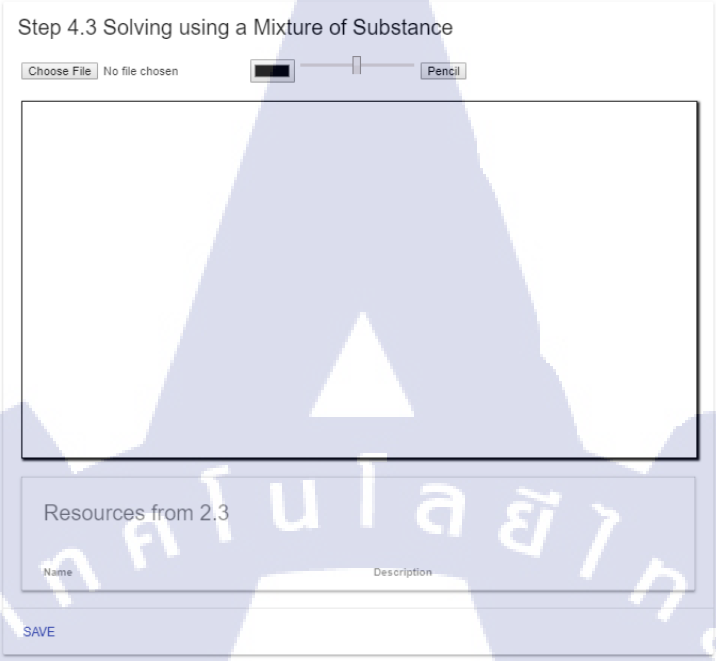
8.2 Step 4.2 "step back" from IUR



ภาพที่ 27 Step 4.2

ส่วนที่ 4.2 เป็นการแก้ปัญหาด้วยการทำให้ IUR ที่ได้จากส่วนที่ 3 ของระบบ ARIZ 85C+ มีความอ่อนลง เพราะในบางครั้ง แนวทางการแก้ปัญหาที่สุดโต่งเกินไป อาจไม่สามารถทำให้เป็นจริงได้ ผู้ใช้งานระบบสามารถวาดภาพ IUR เพิ่มเติมได้จากส่วน 3.5 และเขียนอธิบายใหม่ได้

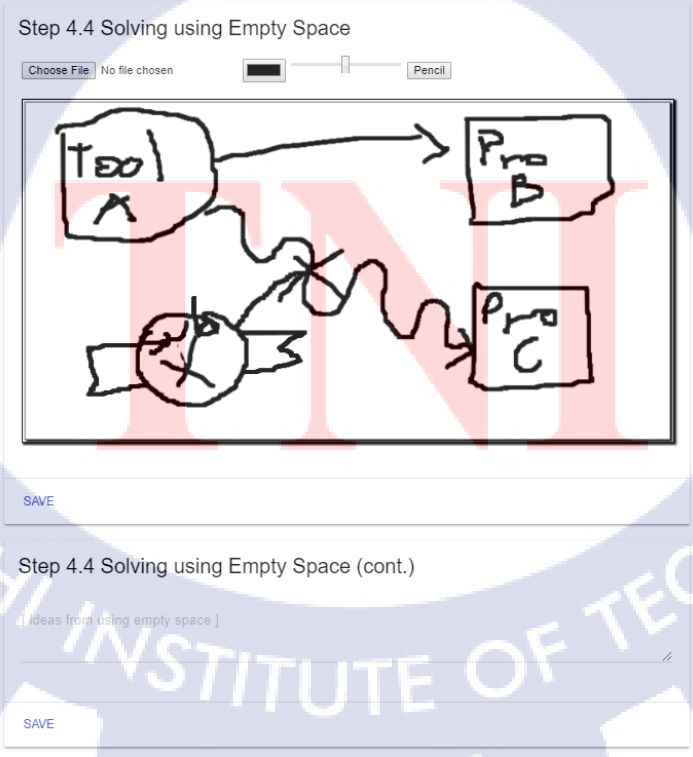
8.3 Step 4.3 Solving using a Mixture of Substance



ภาพที่ 28 Step 4.3

ส่วนที่ 4.3 เป็นการใช้งานองค์ประกอบสสาร-สนามในการแก้ปัญหา ด้วยการใช้ทรัพยากรด้านสสาร-สนามที่ได้ระบุไว้แล้วในส่วนที่ 2.3 ผู้ใช้สามารถวาดภาพการแก้ปัญหาด้วยการใช้สสาร-สนามจากส่วนที่ 2.3 ได้ และบันทึกด้วยปุ่ม SAVE

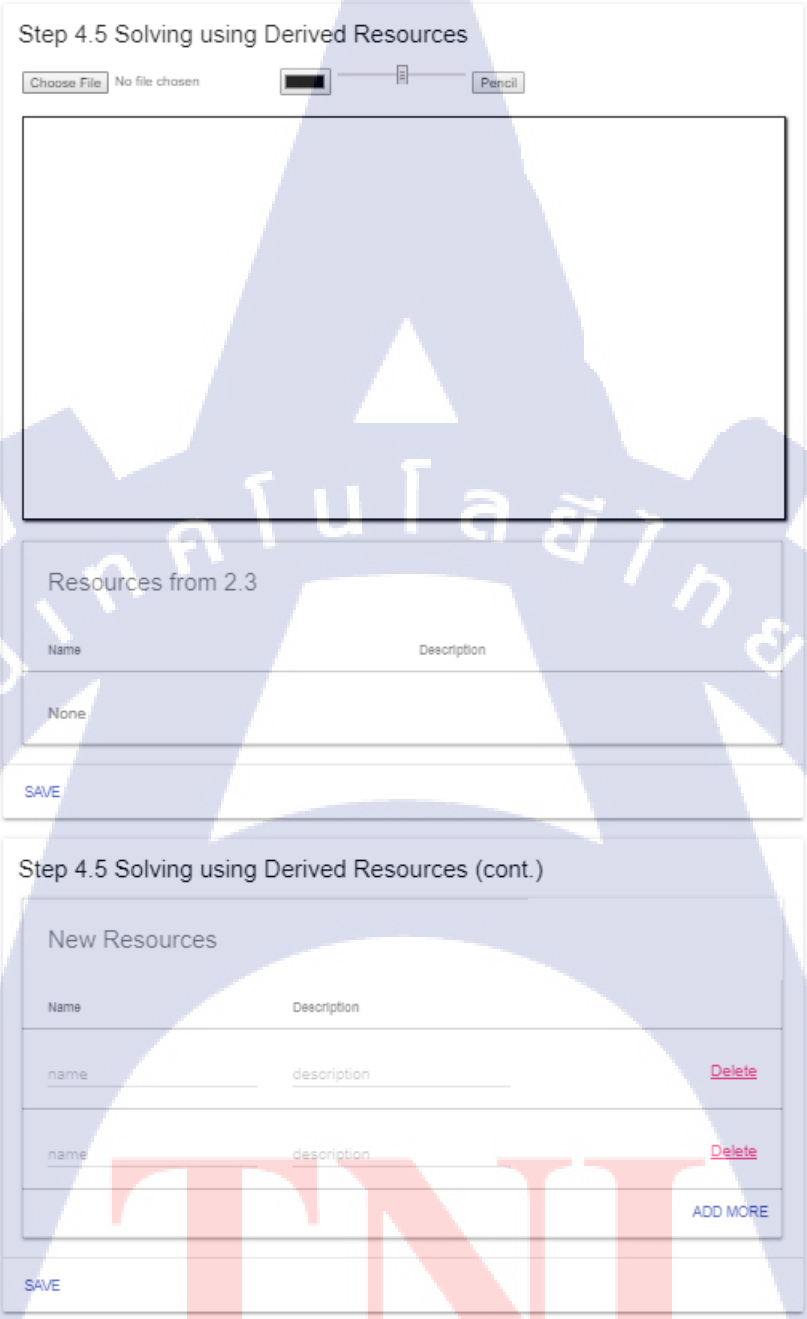
8.4 Step 4.4 Solving using Empty Space



ภาพที่ 29 Step 4.4

ส่วนที่ 4.4 เป็นการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มที่ว่าง หรือใช้งานที่ว่างในระบบที่มีปัญหาเกิดขึ้น ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถวาดภาพ ด้วยภาพเดิมจากขั้นตอน 3.5 ของ ARIZ 85C+ และบันทึกด้วยปุ่ม SAVE และยังสามารถบันทึกแนวคิดจากการใช้งานที่ว่างได้อีกด้วย

8.5 Step 4.5 Solving using Derived Resources

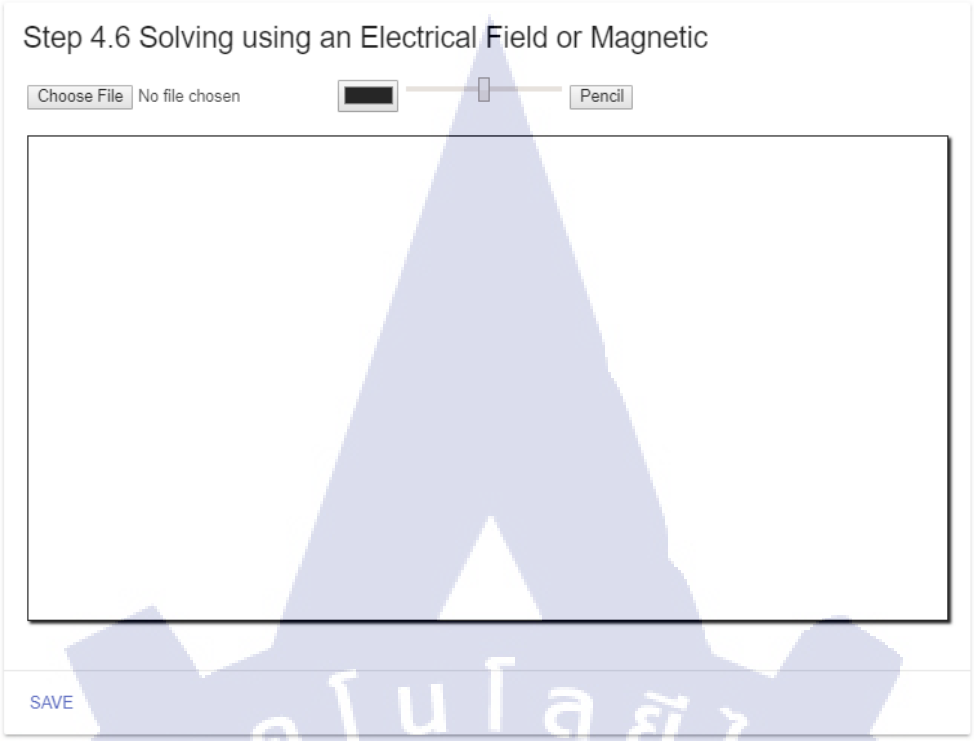


ภาพที่ 30 Step 4.5

ส่วนที่ 4.5 เป็นการแก้ปัญหาด้วยการใช้องค์ประกอบที่เป็นส่วนต่อมาจากสสาร-สนาม เพื่อใช้แก้ปัญหา ผู้ใช้งานระบบ ARIZ 85C+ สามารถวาดแนวทางแก้ปัญหาด้วยองค์ประกอบสสาร-สนามเพิ่มเติม และสามารถเขียนองค์ประกอบส่วนต่อขยายของสสาร-สนาม (กด SAVE เพื่อบันทึก)

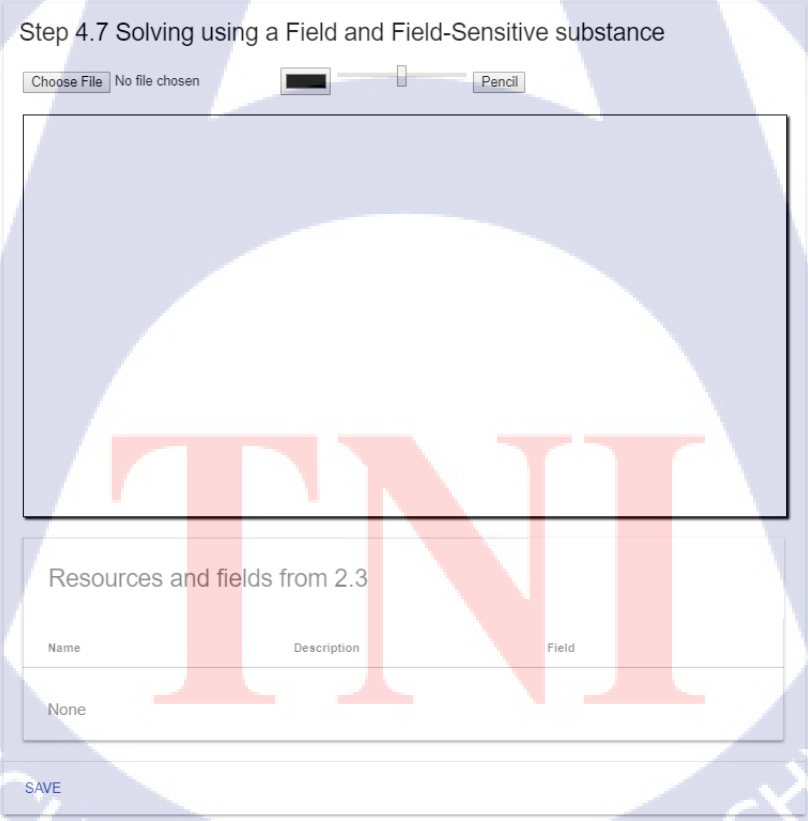
8.6 Step 4.6 Solving using an Electrical Field or Magnetic

ส่วนที่ 4.6 เป็นการแก้ไขปัญหาด้วยการใช้สนามไฟฟ้า หรือสนามแม่เหล็กเข้ามาประกอบการแก้ไขปัญหา ผู้ใช้งานระบบ สามารถวาดภาพแนวทางแก้ไขปัญหาด้วยสนามแม่เหล็ก หรือสนามไฟฟ้าได้ และกด SAVE เพื่อบันทึก



ภาพที่ 31 Step 4.6

8.7 Step 4.7 Solving using a Field and Field-Sensitive substance



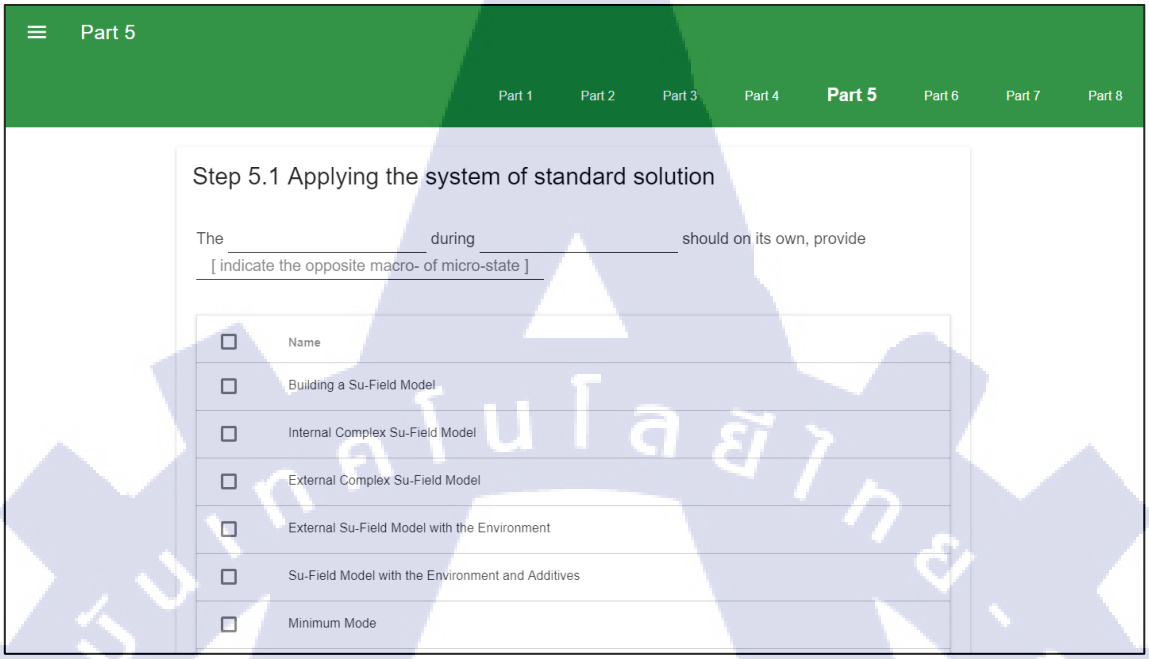
ภาพที่ 32 Step 4.7

ส่วนที่ 4.7 เป็นการแก้ไขปัญหาด้วยสสาร-สนาม เช่นเดียวกับ 4.3 หากแต่เปลี่ยนสสารใหม่ เป็นสสารที่มีความไวต่อสนาม สามารถวาดภาพแนวทางการแก้ไขปัญหา และกด SAVE เพื่อบันทึก

9. Part 5

ส่วนที่ 5 ของระบบ ARIZ 85C+ เป็นการใช้งานฐานความรู้ของ TRIZ ในกรณีที่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ภายใน 4 ส่วนแรกของระบบ ในส่วนที่ 5 ของระบบนี้ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนย่อยคือ

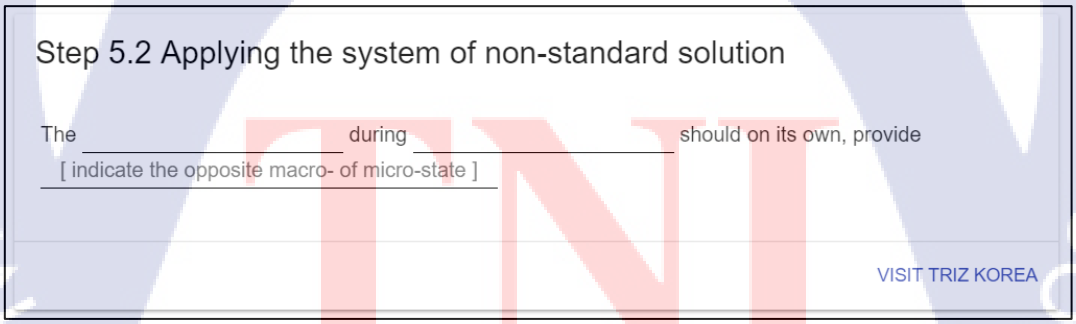
9.1 Step 5.1: Applying the system of standard solution



ภาพที่ 33 Step 5.1

ส่วน 5.1 จะเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้ระบบได้เลือกคำตอบมาตรฐานมาช่วยในการหาความคิดในการแก้ไขปัญหา ตามที่ระบุไว้ในส่วนที่ 2 และ 3 ก่อนหน้า เมื่อเลือกได้แล้ว กด SAVE เพื่อบันทึก

9.2 Step 5.2: Applying the system of non-standard solution



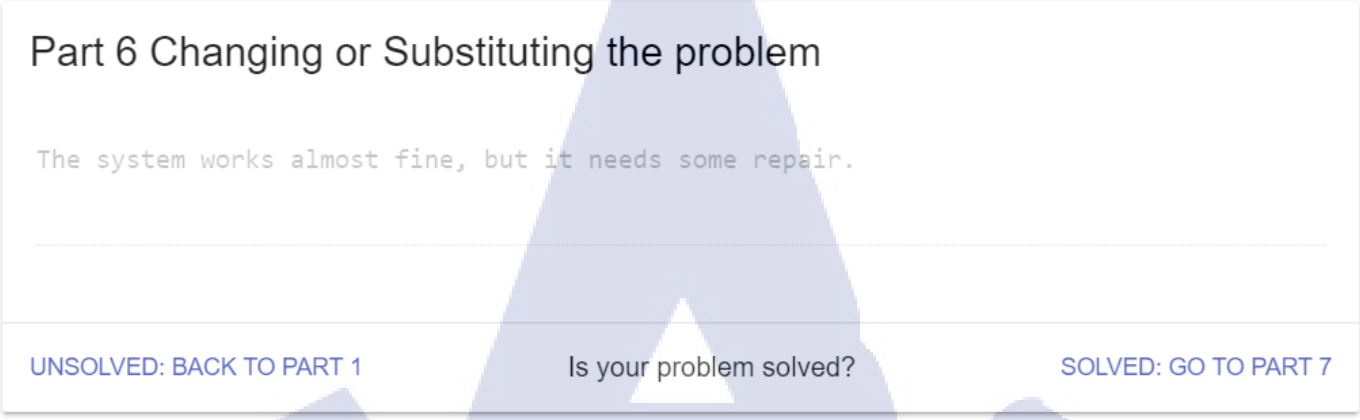
ภาพที่ 34 Step 5.2

ส่วน 5.2 ให้ผู้ใช้ได้ค้นหาทางแก้ปัญหาที่ไม่มีอยู่ในระบบคำตอบมาตรฐาน ด้วยการให้ค้นหาในระบบ TRIZ Korea เพื่อแก้ไขปัญหา ตามที่ระบุไว้ในส่วนที่ 2 และ 3 ก่อนหน้า

ในการทำงานกับส่วนที่ 5 ของระบบ ผู้ใช้ควรหาความคิดในการแก้ไขปัญหา ไปพร้อมกับการบันทึกลงในช่อง Idea ในหน้าเมนูของระบบไปในเวลาเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการแก้ไขปัญหา

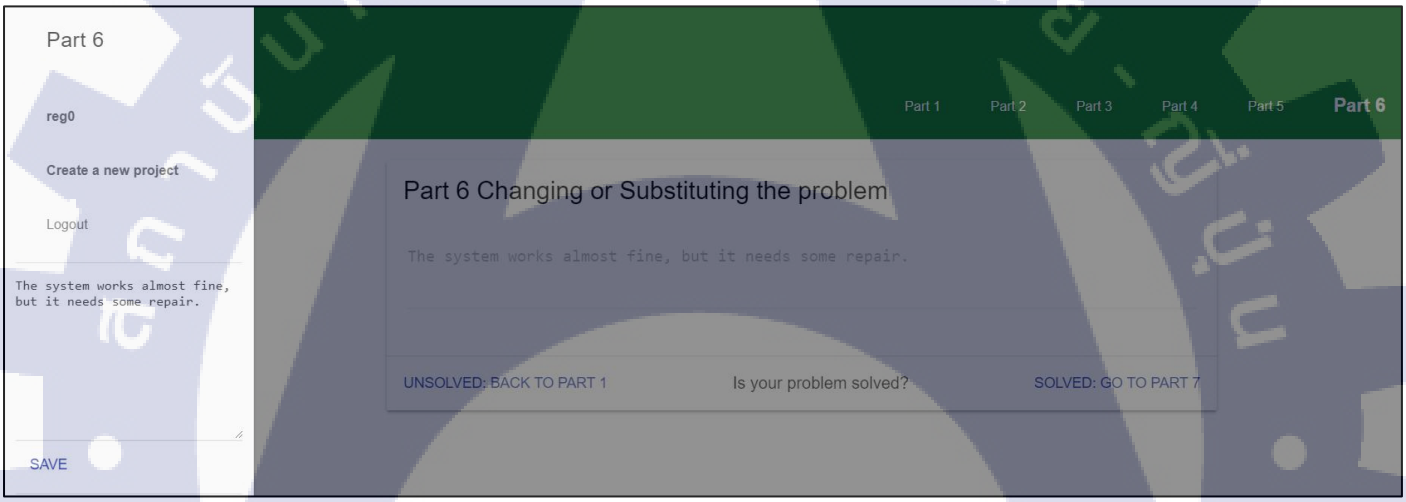
10. Part 6

ส่วนที่ 6 ของระบบ ARIZ 85C+ เป็นส่วนสรุปความคิดของผู้ใช้งานระบบ พร้อมกับถามผู้ใช้งานระบบว่า จากความคิดที่ผู้ใช้งานระบบได้บันทึกลงไปแล้ว สามารถแก้ไขปัญหาของระบบได้หรือไม่ ถ้าแก้ไขได้ จะไปต่อยัง Part 7 ถ้าแก้ไขไม่ได้ จะกลับไปยัง Part 1 เพื่อตรวจสอบใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 35 Part 6

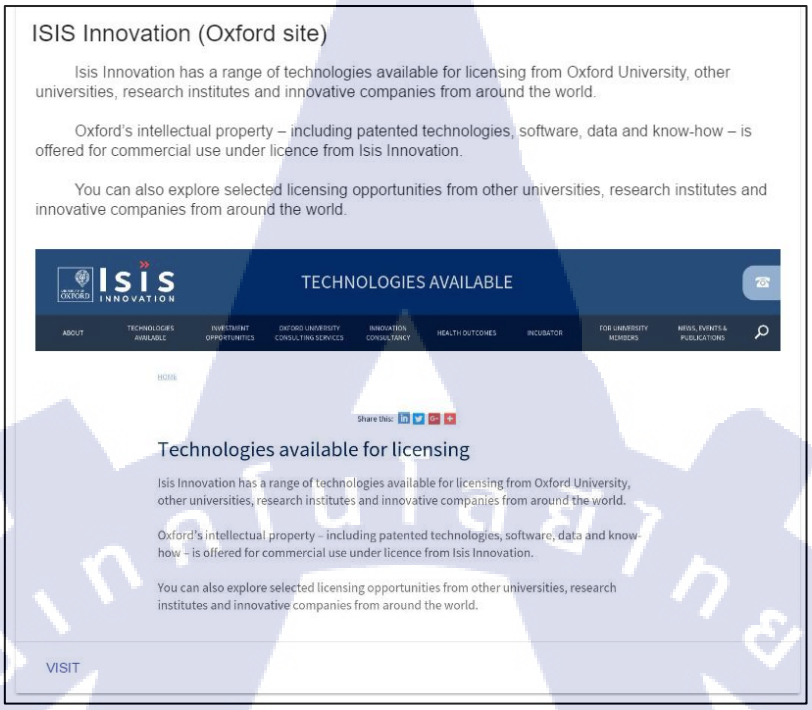
โดยที่ส่วนของความคิดของผู้ใช้ที่แสดงใน Part 6 นั้น ดึงมาจากกล่อง Idea ในหน้าเมนูทางด้านซ้ายมือของระบบนั่นเอง



ภาพที่ 36 กล่องความคิดด้านซ้ายของระบบ ARIZ 85C+ ใน Part 6

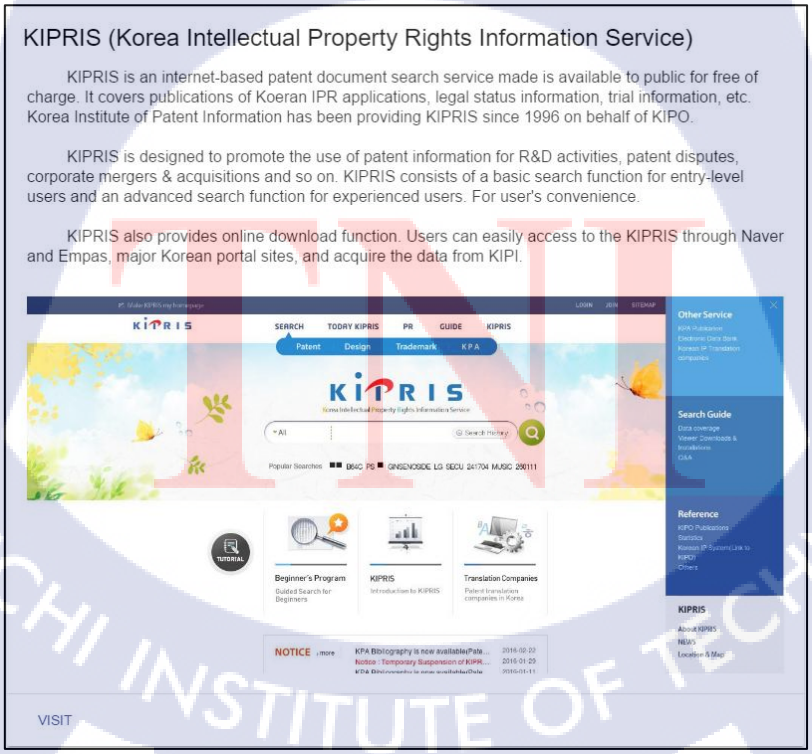
11. Part 7

ส่วนที่ 7 ของระบบ ARIZ 85C+ นำเสนอเว็บไซต์ 2 แห่งที่เป็นแหล่งรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิทธิบัตร เว็บไซต์แรกคือ ISIS Innovation เป็นแหล่งรวมเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้จดทะเบียนได้ จาก มหาวิทยาลัย Oxford และสถาบันวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงบริษัทด้านนวัตกรรมจากทั่วทุกมุมโลก



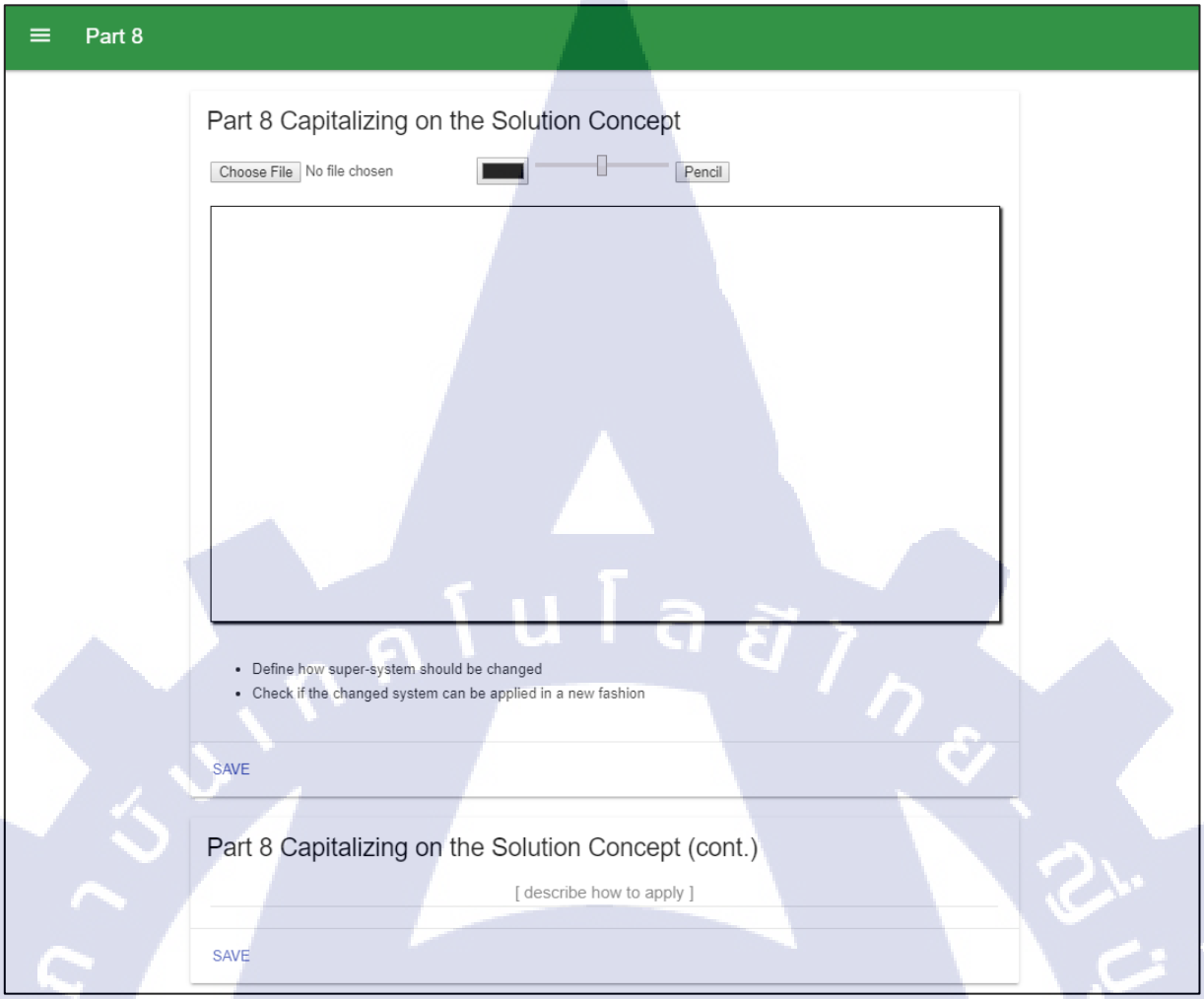
ภาพที่ 37 ระบบ ISIS ของ Oxford

เว็บไซต์ที่สองคือ KIPRIS (Korea Intellectual Property Rights Information Service) เป็นบริการค้นหาเอกสารสิทธิบัตรของประเทศเกาหลี ที่มีการรวมไปถึงเอกสารด้านสิทธิทางปัญญาของประเทศเกาหลี สถานะทางกฎหมายของสิทธิบัตรต่าง ๆ และอื่น ๆ



ภาพที่ 38 ระบบ KIPRIS ของประเทศเกาหลี

12. Part 8



ภาพที่ 39 Part 8

ส่วนที่ 8 เป็นส่วนสุดท้ายในระบบ ARIZ 85C+ ผู้ใช้สามารถสรุปแนวทางแก้ปัญหาด้วยการวาดแนวทางการแก้ปัญหา และการเขียนคำอธิบายของแนวทางการแก้ปัญหา ตามแนวคิดที่ได้รับจากกระบวนการของระบบ ARIZ 85C+