

## วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.สมฤกษ์  
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์

จันทร์อัมพร  
บายเที่ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ

เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### รองหัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุมยศ

ศิริปรัชญานันท์  
วัลลิกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์  
ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร  
ศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา  
ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ  
ศาสตราจารย์ ดร.दनัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก  
ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล  
ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์  
ศาสตราจารย์ ดร.ปิติ  
ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ  
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์  
ศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์  
ศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ  
ศาสตราจารย์ ดร.สนอง  
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ  
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สมศักดิ์  
ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์  
ศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์  
ศาสตราจารย์ ดร.อรุณกร  
รองศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์  
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี

จ่านองไทย  
หิรัญลาภ  
ธำริบุญ  
ลิมปิจ่านงค์  
ต. รุ่งเรือง  
ลาววัลย์ศิริ  
พิงมา  
ธีระมันคง  
สุคนธสุขกุล  
อัครเอกผาลิน  
รัตนเดโช  
ศุภผล  
คำเอม  
เอกสิทธิ์  
โสภณรณฤทธิ์  
พันธวัฒนา  
หอยพิบูลสุข  
กุลธนาปริดา  
แก่งพล  
น้อยจินดา  
ศรีอรียนันท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
มหาวิทยาลัยมหิดล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### ฝ่ายประสานงานและจัดการ

อาจารย์ทองพูล ธิปไตยสง  
นางสาวนงนารถ อุดมทรัพย์ยิ่ง

นายจันทพงษ์ บุตรลักษณ์  
นางสิริวรรณ อยู่ผ่อง

นางสาวธิดิมา ไชยกิจ  
นายสมนัตชัย สุธีวัฒนานนท์

### วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น สาขาวิชาด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาปัตยกรรม รวมทั้งวิชาการชั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม

**กำหนดออกวารสาร** ปีละ 4 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ค. ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. ฉบับที่ 4 ต.ค.-ธ.ค.

### ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่นๆ
2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยเพียงระดับสถาบัน

**การส่งบทความ** ส่งบทความทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ [www.journal.kmutnb.ac.th](http://www.journal.kmutnb.ac.th)

### สำนักงาน

กองส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
โทรศัพท์ 0-2555-2238-40 โทรสาร 0-2555-2236

**บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น**  
**ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น**

## The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Advisory

Professor Somrerak	Chandra-ambhorn	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Chanasak	Baitiang	King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Editor-in-Chief

Professor Suchart	Siengchin	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
-------------------	-----------	---

### Associate Editors

Associate Professor Montree	Siripruchyanun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Assistant Professor Pумыos	Vallikul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Editorial Board

Professor Kosin	Jamnongthai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Jongjit	Hirunlabh	Bangkokthonburi University
Professor Jessada	Tariboon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Sukit	Limpijumnong	The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology
Professor Danai	Torrungrueng	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Direk	Lawansiri	Chulalongkorn University
Professor Tawil	Puengma	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Professor Thanaruk	Theeramunkong	Thammasat University
Professor Piti	Sukonsokkul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Phadongsak	Rantanadecho	Thammasat University
Professor Pitt	Supaphol	Chulalongkorn University
Professor Prayoot	Akkaraekthalin	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Poom	Kumam	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Sanong	Ekgasit	Chulalongkorn University
Professor Somchart	Sophonranatit	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Professor Emeritus Somsak	Pantuwatana	Mahidol University
Professor Suksun	Horpibulsuk	Suranaree University of Technology
Professor Suwat	Kuntanapreeda	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Professor Athakorn	Kengpol	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Sompoch	Noichinda	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Associate Professor Malinee	Sriariyanun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok

### Coordinators

Tongpool	Heeptaisong	Jantapong	Boodluck	Teetima	Chaiyakit
Nongnard	Udomsubying	Siriwan	Yupong	Sumonchai	Suteerawattananon

### Objectives

To disseminate academic work in science and technology disciplines such as Engineering, Applied Science, Agro-Industry, Information Technology, Architecture, as well as advanced subject areas related to business and industry.

**Publication Frequency:** 4 issues per year (January–March, April–June, July–September, October–December)

### Article Requirements

1. Authors should be noted that only original articles are accepted for publication. Neither the article submitted, nor a version of it has been published, or is being considered for publication elsewhere.
2. Submitted articles must be beneficial to the public.

### Article Submission

Submit articles to: [www.journal.kmutnb.ac.th](http://www.journal.kmutnb.ac.th)

### Office

Academic Enhancement Department, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800. Tel: 0-2555-2238-40 Fax: 0-2555-2236

### Remarks

Authors have to be responsible for any legal effects that may occur due to their opinions expressed in the articles.