

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ปรึกษา

|                            |             |  |
|----------------------------|-------------|--|
| ศาสตราจารย์ ดร.สมฤกษ์      | จันทร์อัมพร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์ | پایเที่ยง   | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

|                       |           |  |
|-----------------------|-----------|--|
| ศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ | เชียงใหม่ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
|-----------------------|-----------|--|

รองหัวหน้ากองบรรณาธิการ

|                             |                 |  |
|-----------------------------|-----------------|--|
| รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี     | ศิริปรัชญานันท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุมยศ | วัลลภกุล        | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

กองบรรณาธิการ

|                                |                    |  |
|--------------------------------|--------------------|--|
| ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์        | จำนงไทย            | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี          |
| ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร์         | หิรัญลาภ           | มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี                       |
| ศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา           | ธารีบุญ            | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ           | ลิมปิจำนงค์        | สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ   |
| ศาสตราจารย์ ดร.दनัย            | ต. รุ่งเรือง       | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก           | ลาวัลย์ศิริ        | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                          |
| ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล            | พिंगมา             | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์        | ธีระมันคง          | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์                          |
| ศาสตราจารย์ ดร.ปิติ            | สุนทรสุขกุล        | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์        | อัครเอกดาลิน       | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์      | รัตนเดโช           | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์                          |
| ศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์           | ศุภผล              | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                          |
| ศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ            | คำเอม              | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี          |
| ศาสตราจารย์ ดร.สนอง            | เอกสิทธิ์          | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                          |
| ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ          | โสภณรณฤทธิ์        | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี          |
| ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์        | หอยพิบูลสุข        | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี                    |
| ศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์         | กุลธนปริดา         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.เสาวณิต         | สุขภารังษี         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ศาสตราจารย์ ดร.อรุณกร          | แก่งพล             | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| รองศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์      | น้อยจินดา          | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี       | ศรีอริยนันท์       | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด  | แสงงาม             | มหาวิทยาลัยศิลปากร                             |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีราวุฒิ | ภูสันติสัมพันธ์    | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ     |
| Assistant Professor Dr. Babu   | Dharmalingam       | Anna University, India                         |
| Dr. Marttin                    | Paulraj Gundupalli | University of Alberta, Edmonton, Canada        |

ฝ่ายประสานงานและจัดทํา

|                             |                        |                     |
|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| อาจารย์ทองพูล ทิปไธสง       | นายจันตพงษ์ บุตรลักษณ์ | นางสาวชิตีมา ไชยกิจ |
| นางสาวนงนารถ อุดมทรัพย์ยิ่ง | นางสิริวรรณ อยู่ผ่อง   | นางสาวกุลธิดา สีนาค |

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น สาขาวิชาด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาปัตยกรรม รวมทั้งวิชาการขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม

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 Somrerk            | 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               | Jamnonthai         | 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       | National Science and Technology Development Agency    |
| 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 Suksun              | Horpibulsuk        | Suranaree University of Technology                    |
| Professor Suwat               | Kuntanapreeda      | King Mongkut's University of Technology North Bangkok |
| Professor Saowanit            | Sukparungsee       | 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 |
| Assistant Professor Prayad    | Sangngam           | Silpakorn University                                  |
| Assistant Professor Theerawut | Phusantsumpan      | King Mongkut's University of Technology North Bangkok |
| Assistant Professor Babu      | Dharmalingam       | Anna University, India                                |
| Marttin                       | Paulraj Gundupalli | University of Alberta, Edmonton, Canada               |

### Coordinators

|          |             |           |          |          |           |
|----------|-------------|-----------|----------|----------|-----------|
| Tongpool | Heeptaisong | Jantapong | Boodluck | Teetima  | Chaiyakit |
| Nongnard | Udomsubying | Siriwan   | Yupong   | Kunthida | Leenak    |

### 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.