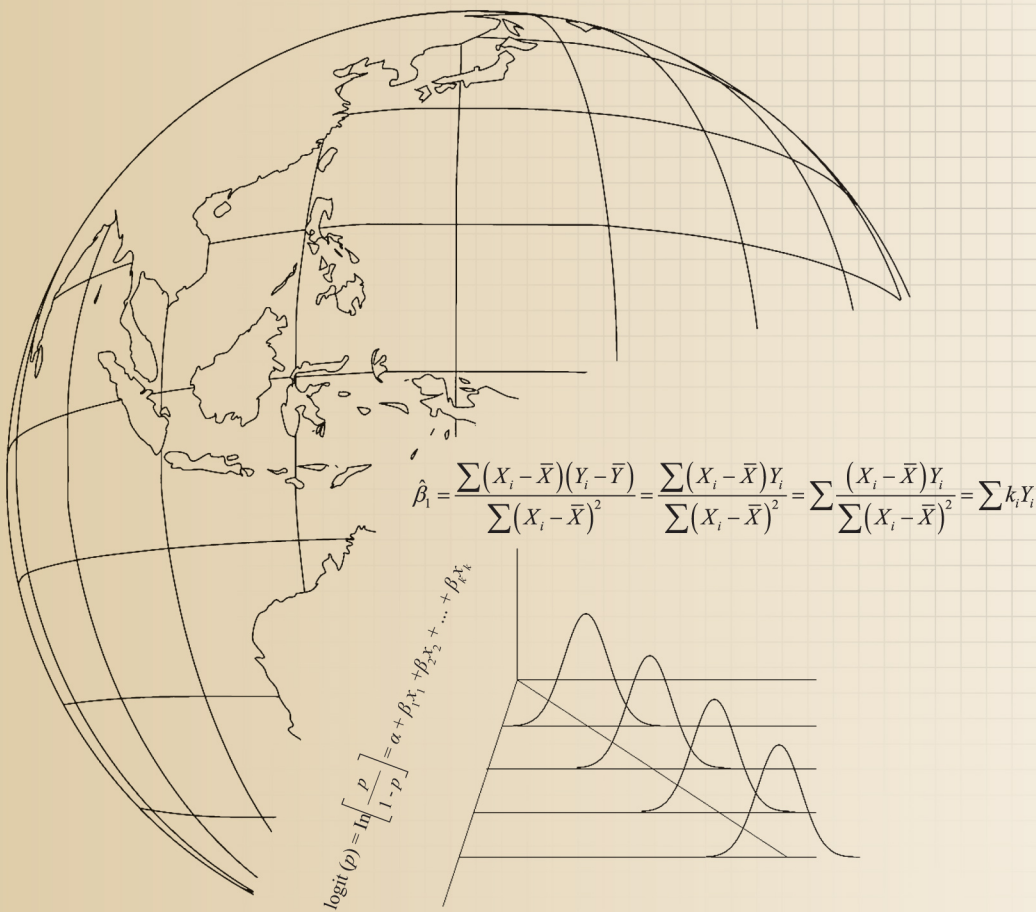




$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 2 \sum \left[(Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) \cdot \frac{\partial}{\partial \beta_1} (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) \right]$$

การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ และการสร้างแบบจำลอง

HEALTH RISK ASSESSMENT AND MODELING

พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ

ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดำนนำ

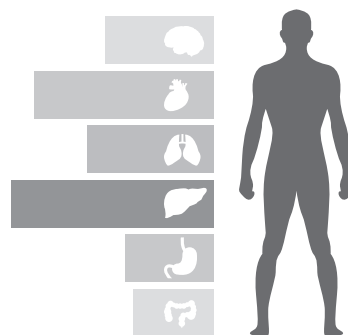
จากการที่ผู้แต่งได้เรียบเรียงตำรา “การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ” ได้รับการตอบรับจากนิสิตนักศึกษาและอาจารย์ในสถาบันการศึกษาต่าง ๆ เป็นอย่างดี จึงทำให้ผู้แต่งเกิดแรงบันดาลใจในการจัดทำตำราเล่มนี้ขึ้น โดยได้ปรับปรุงและเพิ่มเนื้อหาในส่วนของการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นซึ่งจะเป็นประโยชน์ในแง่ของการทำนายผลกระทบด้านสุขภาพอันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ และการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ อย่างไรก็ตามการเขียนตำราย่อมมีข้อบกพร่องไม่มากก็น้อยผู้แต่งจึงหวังว่าจะได้รับคำแนะนำเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป

ขอขอบคุณภรรยาและครอบครัวที่เป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมาจนทำให้ตำราเล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศ.ดร.นพ.พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ	3
ความหมายของ “ความเสี่ยง” และ “การประเมินความเสี่ยง”	4
ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง	6
บรรณานุกรม.....	7
บทที่ 2 การประเมินสิ่งแวดล้อม	9
บทนำ	10
การศึกษาทางวิทยาการระบาด (Epidemiological Studies)	10
• ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับการศึกษาทางวิทยาการระบาด	11
การศึกษาในสัตว์ทดลอง (In Vivo Animal Bioassays)	12
• การออกแบบและการทดสอบความเป็นพิษ (Designing and Conducting Toxicity Tests).....	14
• การออกแบบการทดสอบสำหรับการเป็นมะเร็ง (Designing Test for Carcinogenicity).....	20
• การดำเนินการทดสอบและการแปลผลความเป็นพิษ.....	22
การศึกษาในหลอดทดลองและเซลล์เพาะเนื้อเยื่อแบบระยะสั้น (Short-Term In Vitro Cell and Tissue Culture Tests)	22
การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี (Structure-Activity Relationship Analysis)	23
บรรณานุกรม	23



บทที่ 3 การประเมินการสัมผัส

25

บทนำ	26
การเฝ้าคุมการสัมผัส (Exposure Monitoring)	26
• การเฝ้าคุมที่ตัวบุคคล (Personal Monitoring)	26
• การเฝ้าคุมที่ตัวกลางหรือสถานที่ (Ambient Monitoring)	27
แบบจำลองการสัมผัส (Exposure Modeling)	27
กระบวนการประเมินการสัมผัส	32
ขั้นที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส	35
• การกำหนดลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	36
• การกำหนดลักษณะกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง	36
ขั้นที่ 2 การค้นหาเส้นทางของการสัมผัส	39
• การค้นหาแหล่งกำเนิดและตัวกลาง	40
• การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพและการเคลื่อนย้ายในตัวกลาง	41
• การค้นหาจุดของการสัมผัสและเส้นทางเข้าสู่ร่างกาย	43
• การรวบรวมข้อมูล	45
• การสรุปข้อมูล	45
ขั้นที่ 3 การวัดการสัมผัส	47
1. ข้อพิจารณาทั่วไป	47
2. การคำนวณหาความเข้มข้นของการสัมผัส	51
3. การประมาณค่าสารคุกคามที่ได้รับ	62
4. การรวมปริมาณที่ได้รับจากทุกเส้นทางการสัมผัสเข้าด้วยกัน	76
5. การประเมินความไม่แน่นอน	76
6. การสรุปและนำเสนอผลการประเมินการสัมผัส	80
ตัวอย่างการประเมินการสัมผัสจากงานวิจัย	81
บรรณานุกรม	82

บทที่ 4 การประเมินขนาดสัมพัทธ์กับการตอบสนอง 83

บทนำ	84
ความเป็นพิษหรือไม่เป็นพิษ	84
การวัดขนาดสัมผัส (Dose Determination)	85
การวัดการตอบสนอง (Response Measurement)	85
การแยกชนิดของการตอบสนอง	88
การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Estimation)	89
แบบจำลองขนาดสัมผัสและการตอบสนอง (Dose-Response Models)	90
ค่าความทน (Threshold)	94
การอนุมานผลระหว่างสปีชีส์ (Interspecies Extrapolation)	95
การอนุมานผลระหว่างการสัมผัสขนาดสูงสู่การสัมผัสขนาดต่ำ (High-to-Low Dose Extrapolation)	96
เกณฑ์การประเมินความเสี่ยงของหน่วยงานในสหรัฐอเมริกา	100
ลำดับชั้นของการเลือกข้อมูล (Hierarchy of Data Selection)	100
บรรณานุกรม	101

บทที่ 5 การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) 103

บทนำ	104
แบบจำลองเชิงเส้นตรงและเงื่อนไขการใช้	105
การประมาณค่าพารามิเตอร์	107
ค่าหลงเหลือ (Residuals)	115
คุณสมบัติของเส้นสมการถดถอย	117
การกระจายแบบสุ่มของค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{\beta}_1$ (Sampling Distribution of $\hat{\beta}_1$)	118
การกระจายแบบสุ่มของสถิติมาตรฐาน $(\hat{\beta}_1 - \beta_1)/s(\hat{\beta}_1)$ (Sampling Distribution of $(\hat{\beta}_1 - \beta_1)/s(\hat{\beta}_1)$)	121
ช่วงความเชื่อมั่นของ $\hat{\beta}_1$ (Confidence Interval of $\hat{\beta}_1$)	122
การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของ β_1 (Test of Statistical Significance of β_1)	123
การคัดเลือกตัวแปรต้นเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด	125
• ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรต้นแบบ Forward stepwise	126
• ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรต้นแบบ Backward stepwise	129
บรรณานุกรม	131

บทที่ 6 การสร้างสมการถดถอยโลจิสติก (Binary Logistic Regression)

133

บทนำ	134
Logit Transformation	135
การแปลความหมายค่า Parameters ของแบบจำลอง	136
การใช้ประโยชน์ของสมการถดถอยโลจิสติก	137
• การหาค่า Relative risk (RR).....	138
• การหาค่า Odds ratio (OR).....	139
การแปลความหมายตัวแปรต้นที่วัดแบบเชิงคุณภาพ	142
การคัดเลือกตัวแปรต้นเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด	144
• Forward stepwise selection	144
• Backward stepwise selection	150
บรรณานุกรม	156

บทที่ 7 การสร้างสมการถดถอยปัวซอง (Poisson Regression)

157

บทนำ	158
การคำนวณความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่มีการกระจายแบบปัวซอง	160
การหาสมการความสัมพันธ์สำหรับตัวแปรตามที่เป็นจำนวนนับ (Count)	161
การแปลความหมายค่า Parameters ของสมการถดถอยปัวซองสำหรับอัตราส่วน	161
การใช้ประโยชน์ของสมการถดถอยปัวซอง	162
• อัตราส่วน (Ratio)	163
การหาสมการความสัมพันธ์สำหรับตัวแปรตามที่เป็นอัตรา (Rate)	164
การแปลความหมายค่า Parameters ของสมการถดถอยปัวซองสำหรับอัตรา	165
การแปลความหมายตัวแปรต้นที่วัดแบบเชิงคุณภาพ	166
การคัดเลือกตัวแปรต้นเพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุด	168
• ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรต้นแบบ Forward stepwise	168
• ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรต้นแบบ Backward stepwise	171
บรรณานุกรม	174

บทที่ 8 การสร้างสมการอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) 175

อนุกรมเวลา (Time Series) คืออะไร	176
วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	176
ลักษณะของข้อมูลแบบอนุกรมเวลา	176
การค้นหาลักษณะของอนุกรมเวลา	177
องค์ประกอบทั่วไปของอนุกรมเวลา	177
การปรับข้อมูลให้เป็น Stationarity	179
1. การทำให้แนวโน้มหายไป (ค่าเฉลี่ยคงที่)	179
2. การทำให้ความแปรปรวนคงที่	181
3. การทำให้การเปลี่ยนแปลงตามฤดู (Seasonality) หายไป	182
4. การทำให้แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามฤดู (Seasonality) หายไป และความแปรปรวนคงที่	183
การสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลาแบบตัวแปรเดียว (Univariate Time Series Models)	184
ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง ARIMA	184
• การค้นหาแบบจำลอง (Model identification)	185
• การประมาณค่าแบบจำลอง (Model estimation)	192
• การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model validation)	193
ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง Box-Jenkins	193
บทสรุป	194
บรรณานุกรม	195

บทที่ 9 การสร้างสมการประมาณค่าทั่วไป (Generalized Estimating Equations) 197

บทนำ	198
ตัวอย่างของข้อมูลในตัวแปรตามที่มีความสัมพันธ์กัน	199
ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย GEE	200
บรรณานุกรม	204

บทที่ 10 การกำหนดค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ 205

บทนำ	206
ความหมายของค่ามาตรฐาน	207
ระดับปลอดภัย ค่าปัจจัยความปลอดภัย ผลกระทบที่มีและไม่มีค่าความทน	207
องค์กรที่กำหนดค่ามาตรฐาน	209
การคำนวณค่ามาตรฐานความปลอดภัยจากการศึกษาในสัตว์ทดลองหรือมนุษย์	210
บรรณานุกรม	212

บทที่ 11 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง 213

บทนำ	214
หลักการอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Principles of Risk Characterization)	214
• การอธิบายความเสี่ยงของแต่ละบุคคลในกลุ่มประชากรกลุ่มเสี่ยง	215
• การอธิบายความเสี่ยงของกลุ่มประชากรกลุ่มเสี่ยง	215
• การอธิบายความเสี่ยงของกลุ่มประชากรย่อยเฉพาะกลุ่ม	216
การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงสำหรับสารที่ไม่ก่อมะเร็ง	216
การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงสำหรับสารก่อมะเร็ง	217
บทสรุป	218
บรรณานุกรม	218

บทที่ 12 การรับรู้และการสื่อสารความเสี่ยง 219

บทนำ	220
ปัญหาด้านการสื่อสาร	220
• ปัญหาของตัวข้อความ	221
• ปัญหาของแหล่งข้อมูล	221
• ปัญหาของช่องทางสื่อสาร	221
• ปัญหาของผู้รับ	221
การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการสื่อสารให้ชัดเจน	221
การรับรู้ความเสี่ยง	223
การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมาย	227
การพัฒนาและเลือกข้อความ	228
การเลือกช่องทางสื่อสารที่เหมาะสม	229
การเสริมข้อความให้น้ำหนัก	230

แนวทางการสื่อสารความเสี่ยง	231
• การเปรียบเทียบความเสี่ยงกับความกังวลของชุมชน	231
• การแยกแยะความรู้สึกออกจากการรับรู้ความเสี่ยง	231
• ผลประโยชน์และการสื่อสารความเสี่ยง	231
• การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ	232
• การสร้างความไว้วางใจและความน่าเชื่อถือ	232
การสร้างความเข้าใจและความเชื่อมั่น	233
บุคคลที่สามกับการสื่อสารความเสี่ยง	233
การสื่อสารกับสาธารณะ	234
วัตถุประสงค์รวม: ความเข้าใจและความไว้วางใจของชุมชน	234
การประเมินผล	235
การเริ่มต้นโครงการสื่อสารความเสี่ยง	236
บทสรุป	237
บรรณานุกรม	238

อภิธานศัพท์ 239

ภาคผนวก 245

ภาคผนวก ก.	246
ภาคผนวก ข.	255
ภาคผนวก ค.	258
ภาคผนวก ง.	264

ดัชนี 267

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ความเสี่ยงของการตายรายปีจากกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์ที่พบบ่อย	5
ตารางที่ 2	แสดงค่าประมาณของค่า LD ₅₀ ของสารเคมีที่รู้จักกันทั่วไป โดยการให้ทางปากในหนู (Rat)	13
ตารางที่ 3	ตารางสรุปวิธีการทดสอบความเป็นพิษประเภทต่าง ๆ	17
ตารางที่ 4	ชนิดของการตรวจสำหรับการทดสอบความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรังและเรื้อรัง	20
ตารางที่ 5	หน่วยและการวัดสิ่งคุกคามในตัวกลางต่าง ๆ	31
ตารางที่ 6	สูตรทั่วไปในการประมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ	31
ตารางที่ 7	แสดงแหล่งปลดปล่อยสารคุกคามที่พบบ่อยและกลไกการปลดปล่อย	40
ตารางที่ 8	แสดงค่าพารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวในสิ่งแวดล้อม และค่าทางกายภาพและเคมีที่สำคัญ	42
ตารางที่ 9	แสดงตัวกลางและช่องทางการสัมผัสตามลักษณะของกลุ่มประชากร	44
ตารางที่ 10	แสดงตัวอย่างแบบการทำข้อสรุปเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์พร้อมเหตุผล ในการเลือกหรือไม่เลือก	46
ตารางที่ 11	ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการสรุปค่าความเข้มข้นการสัมผัส	61
ตารางที่ 12	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการดื่มน้ำในผู้อยู่อาศัย	63
ตารางที่ 13	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทานน้ำ ในระหว่างว่ายน้ำ	64
ตารางที่ 14	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการสัมผัสสารคุกคาม ในน้ำทางผิวหนัง	65
ตารางที่ 15	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทานดิน โดยบังเอิญในผู้อยู่อาศัย	68
ตารางที่ 16	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการสัมผัสสารคุกคาม ในดินทางผิวหนัง	69

ตารางที่ 17	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการหายใจไอระเหยสารคุกคามในผู้ที่อยู่อาศัย	71
ตารางที่ 18	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทานปลาและหอยที่ปนเปื้อน ในผู้ที่อยู่อาศัย	73
ตารางที่ 19	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทานผักและผลไม้ที่ปนเปื้อน ในผู้ที่อยู่อาศัย	74
ตารางที่ 20	สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทานเนื้อ ไข่ และผลิตภัณฑ์จากนมที่ปนเปื้อน ในผู้ที่อยู่อาศัย	75
ตารางที่ 21	ตัวอย่างตารางสรุปการใช้ค่าต่าง ๆ ในการประเมินการสัมผัส	77
ตารางที่ 22	ตัวอย่างตารางแสดงความไม่แน่นอนสำหรับการประเมินการสัมผัส	78
ตารางที่ 23	ตัวอย่างตารางสรุปผลการประเมินการสัมผัสสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ^a	80
ตารางที่ 24	แบบจำลองของสารเคมีชนิดต่าง ๆ	91
ตารางที่ 25	อุบัติการณ์และความน่าจะเป็นของการเกิดมะเร็งตับที่ขนาดของสารที่ต่ำและสูง	97
ตารางที่ 26	แสดงค่าความเสี่ยงที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองชนิดต่าง ๆ	99
ตารางที่ 27	แสดงข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงของเด็กนักเรียนจำนวน 10 คน	110
ตารางที่ 28	แสดงข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูงของเด็กนักเรียนจำนวน 10 คน และการคำนวณค่าหลงเหลือ	115
ตารางที่ 29	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)	127
ตารางที่ 30	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 1	127
ตารางที่ 31	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อนำตัวแปรที่เหลือ ได้แก่ CO NO ₂ O ₃ และ SO ₂ มาวิเคราะห์ร่วมกัน	127
ตารางที่ 32	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 2	128
ตารางที่ 33	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อนำตัวแปรที่เหลือ ได้แก่ CO O ₃ และ SO ₂ มาวิเคราะห์ร่วมกัน	128
ตารางที่ 34	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 3	128

ตารางที่ 35	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อนำตัวแปรที่เหลือ ได้แก่ CO และ SO_2 มาวิเคราะห์ร่วมกัน	129
ตารางที่ 36	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์โดยนำตัวแปรทั้งหมด เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกันในขั้นตอนที่ 1	130
ตารางที่ 37	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์โดยนำตัวแปรที่เหลือ จากขั้นตอนที่ 1 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกันในขั้นตอนที่ 2	130
ตารางที่ 38	แสดงค่า p -value ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์โดยนำตัวแปรที่เหลือ จากขั้นตอนที่ 2 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกันในขั้นตอนที่ 3	130
ตารางที่ 39	แสดงผลการวิเคราะห์ห้มะเร็งปอดและเรดอนด้วย Logistic regression	136
ตารางที่ 40	แสดงรหัสของตัวแปรการสูบบุหรี่แต่ละลักษณะ	142
ตารางที่ 41	แสดงผลการวิเคราะห์การเป็นมะเร็งปอดกับการสูบบุหรี่ ด้วย Logistic regression	142
ตารางที่ 42	แสดงค่า p -value จาก Score test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)	145
ตารางที่ 43	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 1	145
ตารางที่ 44	แสดงค่า p -value จาก Score test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบทวิตัวแปร (Bi-variate analysis) กับตัวแปร CO (ในที่นี้จะเว้นการแสดงค่าของ CO)	146
ตารางที่ 45	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 2	146
ตารางที่ 46	แสดงค่า p -value จาก Score test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบไตรตัวแปร (Tri-variate analysis) กับตัวแปร CO และ NO_2 (ในที่นี้จะเว้นการแสดงค่าของ CO และ NO_2)	147
ตารางที่ 47	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 3	147
ตารางที่ 48	แสดงค่า p -value จาก Score test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบจตุตัวแปร (Quadri-variate analysis) กับตัวแปร CO NO_2 และ O_3 (ในที่นี้จะเว้นการแสดงค่าของ CO NO_2 และ O_3)	148
ตารางที่ 49	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio	148
ตารางที่ 50	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 2	149
ตารางที่ 51	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 3	149

ตารางที่ 52	แสดงค่า p -value จาก Wald test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์ โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้ามาวิเคราะห์พร้อมกันในขั้นตอนที่ 1	150
ตารางที่ 53	แสดงค่า p -value จาก Wald test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์ โดยนำตัวแปรที่เหลือจากขั้นตอนที่ 1 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกัน	151
ตารางที่ 54	แสดงค่า p -value จาก Wald test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์ โดยนำตัวแปรที่เหลือจากขั้นตอนที่ 2 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกัน	151
ตารางที่ 55	แสดงค่า p -value จาก Wald test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์ โดยนำตัวแปรที่เหลือจากขั้นตอนที่ 3 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกัน	152
ตารางที่ 56	แสดงค่า p -value จาก Wald test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์ โดยนำตัวแปรที่เหลือจากขั้นตอนที่ 4 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกัน	152
ตารางที่ 57	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 1	153
ตารางที่ 58	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 2	153
ตารางที่ 59	แสดงผลการทดสอบด้วย log likelihood ratio ในขั้นที่ 3	154
ตารางที่ 60	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 4	154
ตารางที่ 61	แสดงผลการทดสอบด้วย Log likelihood ratio ในขั้นที่ 5	155
ตารางที่ 62	แสดงข้อมูลอายุและจำนวนซี่ของฟันผุของ 10 คนแรก	159
ตารางที่ 63	แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยปัวซอง	161
ตารางที่ 64	แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายปี ด้วย Poisson regression	165
ตารางที่ 65	แสดงรหัสของตัวแปรการสูบบุหรี่แต่ละลักษณะ	166
ตารางที่ 66	แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนรวมของอาการปวดศีรษะกับการสูบบุหรี่ ด้วย Poisson regression	166
ตารางที่ 67	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)	168
ตารางที่ 68	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 1	169
ตารางที่ 69	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบทวิตัวแปร (Bi-variate analysis) กับตัวแปร “เพศ” (ในที่นี้จะเว้นการแสดงค่าของตัวแปร “เพศ”)	169

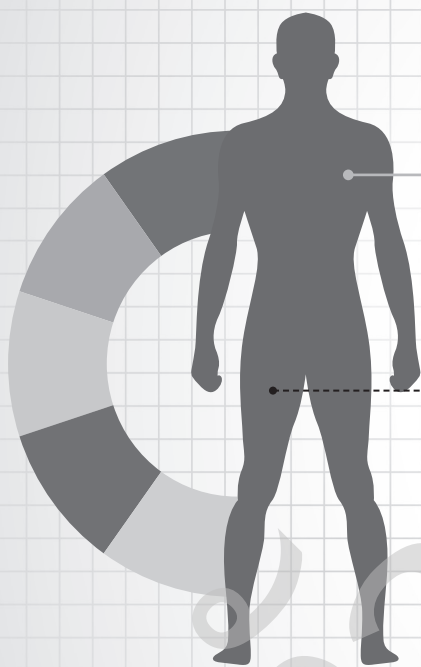
ตารางที่ 70	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 2	169
ตารางที่ 71	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์แบบไตรตัวแปร (Tri-variate analysis) กับตัวแปร “เพศ” และ xylene (ในที่นี้ละเว้นการแสดงค่าของตัวแปร “เพศ” และ xylene)	170
ตารางที่ 72	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 3	170
ตารางที่ 73	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้น เมื่อวิเคราะห์แบบจตุตัวแปร (Quadri-variate analysis) กับตัวแปร “เพศ” xylene และ “อายุ” (ในที่นี้ละเว้นการแสดงค่าของตัวแปร “เพศ” xylene และ “อายุ”)	171
ตารางที่ 74	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นที่ 4	171
ตารางที่ 75	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้ามาวิเคราะห์พร้อมกันในขั้นตอนที่ 1 คำนวณการเปลี่ยนแปลงของ $-2\log$ likelihood เมื่อนำตัวแปรนั้นออกไป	172
ตารางที่ 76	แสดงค่า p -value จาก Log-likelihood ratio test ของตัวแปรต้นแต่ละตัว เมื่อวิเคราะห์โดยนำตัวแปรที่เหลือจากขั้นตอนที่ 1 เข้ามาวิเคราะห์พร้อมกัน ในขั้นตอนที่ 2 คำนวณการเปลี่ยนแปลงของ $-2\log$ likelihood เมื่อนำตัวแปรนั้นออกไป	172
ตารางที่ 77	แสดงผลที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรขั้นสุดท้าย	173
ตารางที่ 78	แสดงรูปลักษณะของ Autocorrelation plot และ Partial autocorrelation plot ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ของแบบจำลอง	187
ตารางที่ 79	แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถภาพถอดกับระดับสารมลพิษ ในบรรยากาศด้วย GEE	202
ตารางที่ 80	แสดงค่า QIC ตามชนิดของ Correlational structure	203
ตารางที่ 81	แสดงค่า QICC ของแบบจำลองชนิดต่าง ๆ	203
ตารางที่ 82	แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินความเสี่ยงของประชาชน	223
ตารางที่ 83	แสดงวัตถุประสงค์ในการสื่อสารข้อความที่แตกต่างกันระหว่างสื่อมวลชน และหน่วยงานสาธารณสุข	229

สารบัญรูป

รูปที่ 1	แสดงกระบวนการประเมินการสัมผัส	35
รูปที่ 2	แสดงเส้นทางการสัมผัสที่เป็นไปได้	39
รูปที่ 3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัมผัสกับการตอบสนองที่ได้จากการทดลอง และการอนุมานในช่วงขนาดต่ำ ๆ	99
รูปที่ 4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (แกน X) และส่วนสูง (แกน Y) โดยมีแกน Z แสดงความถี่	106
รูปที่ 5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (แกน X) และส่วนสูง (แกน Y) โดยแสดงการหาเส้นสมการถดถอย	108
รูปที่ 6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า peak flow (ลิตร/นาที) และ PM _{2.5} (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	113
รูปที่ 7	กราฟ scatter plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและส่วนสูง และการคำนวณค่าหลงเหลือ	116
รูปที่ 8	แสดงฮิสโตแกรมของความถี่ตามจำนวนฟันผุของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 506 คน	159
รูปที่ 9	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553	178
รูปที่ 10	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553 ภายหลังใช้เทคนิค Differencing, order 1	179
รูปที่ 11	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553 ภายหลังหาค่า Residuals จากการสร้างสมการความสัมพันธ์ ด้วยสถิติถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย	180

รูปที่ 12	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553 ภายหลังแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึม	181
รูปที่ 13	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553 ภายหลังใช้เทคนิค Seasonal differencing, order 1 (รอบ 12 เดือน)	182
รูปที่ 14	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553 ภายหลังแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึม, Differencing และ Seasonal differencing	183
รูปที่ 15	แสดง Autocorrelation plot ของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553	185
รูปที่ 16	แสดง Partial autocorrelation plot ของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2553	186
รูปที่ 17	แสดงกราฟของระดับความเข้มข้นของ PM ₁₀ รายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2554	188
รูปที่ 18	แสดง Autocorrelation plot ของระดับความเข้มข้น ของ PM ₁₀ รายเดือน Lag 1-16	189
รูปที่ 19	แสดง Partial autocorrelation plot ของระดับความเข้มข้น ของ PM ₁₀ รายเดือน Lag 1-16	189
รูปที่ 20	แสดงกราฟระดับความกดอากาศเป็นรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2498-2520	190
รูปที่ 21	แสดง Autocorrelation plot ระดับความกดอากาศเป็นรายเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2498-2520 Lag 1-16	191
รูปที่ 22	แสดง Partial autocorrelation plot ระดับความกดอากาศเป็นรายเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2498-2520 Lag 1-16	191
รูปที่ 23	แสดงกราฟของจำนวนผู้ป่วยอุจจาระร่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2554 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการสังเกตและค่าที่ได้จากการทำนาย	194
รูปที่ 24	แสดงค่า Autocorrelation ที่จำนวนหน่วยต่าง ๆ	201
รูปที่ 25	แสดงค่า Partial autocorrelation ที่จำนวนหน่วยต่าง ๆ	201





บทที่ 1



บทนำ

บทนำ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมถือได้ว่าเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่ ไม่ว่าจะเป็นในประเทศไทยหรือต่างประเทศ สาขาวิชานี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยผู้เชี่ยวชาญจากหลายสาขาวิชา อาทิ วิทยาการระบาด พิษวิทยา วิศวกรรมศาสตร์ สถิติ และมานุษยสังคมวิทยา แต่โดยความเป็นจริงแล้ว การประเมินความเสี่ยงจะสำเร็จลงได้ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญจากทุกสาขาดังกล่าว โดยทั่วไปแล้วเราสามารถแบ่งวิชาการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 2 สาขาวิชาใหญ่ ๆ คือ การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศวิทยา (Environmental or Ecological risk assessment) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health risk assessment) การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องของการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบนิเวศวิทยา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในระบบนิเวศวิทยามีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันแบบห่วงโซ่อาหาร เมื่อสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ได้รับผลกระทบจากสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ย่อมจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เป็นลูกโซ่ไปด้วย ในขณะที่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ซึ่งทำได้ง่ายกว่าและมีผู้ศึกษาไว้เป็นจำนวนมากกว่า ในบทนี้จะกล่าวถึงแต่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเท่านั้น ดังนั้นต่อไปนี้จะกล่าวถึงการประเมินความเสี่ยงให้หมายถึงการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเท่านั้น

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการในการนำเอาข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมิน และวิธีการที่ใช้ในปัจจุบันมาทำการประเมินความเสี่ยงสุขภาพในมนุษย์ กล่าวโดยทั่วไปได้ว่า ความเสี่ยงสุขภาพในมนุษย์สามารถให้คำจำกัดความได้ว่า คือ ความน่าจะเป็นหรือโอกาสของการเกิดผลกระทบด้านสุขภาพที่เป็นผลมาจากการได้รับหรือสัมผัสสิ่งคุกคามหนึ่ง ๆ (เช่น สารเคมี) การประเมินความเสี่ยงจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังถึงการสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพ ที่อาจจะเกิดหรือยังไม่เกิดในปัจจุบันก็ได้ หากผลเสียต่อสุขภาพยังไม่เกิดขึ้นก็จะถือว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการทำนายถึงความน่าจะเป็นของการเกิดผลกระทบด้านสุขภาพนั้น

การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ



ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการศึกษาออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative risk assessment)
- การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative risk assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ จะมุ่งเน้นไปในด้านการศึกษาที่อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เป็นตัวเลข โดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และ/หรือการทดสอบ ตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองหรือทำซ้ำได้ เป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) สำหรับการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (Focus group interview) ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่น ๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) เป็นต้น การศึกษาในแนวนี้จะไม่เน้นการตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ การเก็บข้อมูลเชิงตัวเลข หรือการวิเคราะห์ทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีผู้ให้ความเห็นไว้ว่าลำพังการใช้หรือไม่ใช้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขมิใช่เครื่องชี้วัดที่ดีว่า การศึกษาเรื่องใดเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ ส่วนที่น่าจะใช้พิจารณาความแตกต่างคือ วิธีการเข้าถึงข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบปัญหาที่ตั้งไว้ การศึกษาเชิงคุณภาพนี้ถือได้ว่ามีวิธีการเข้าถึงข้อมูลที่ดีเพราะผู้ทำการศึกษาจะต้องทำตัวให้เป็นส่วนหนึ่งของชุมชนมากที่สุด เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์และความไว้วางใจจนสามารถเก็บข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด อีกประการหนึ่งการนำเสนอข้อมูลวิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล ดังนั้น จุดเน้นของการศึกษาเชิงคุณภาพนี้ไม่ใช่การครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างในระดับกว้างดังเช่นการศึกษาเชิงปริมาณ แต่เป็นการเสนอผลให้เห็นแง่มุมหลาย ๆ ด้านของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามแม้การศึกษาในสองด้านนี้จะแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่ไม่ได้หมายความว่าการศึกษาทั้งสองจะต้องแยกกันโดยเด็ดขาด โดยข้อเท็จจริงแล้วการศึกษาทั้งสองด้านจะต้องกระทำควบคู่กันไป และบ่อยครั้งที่การศึกษาทั้งสองวิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและข้อมูลป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองวิธีร่วมกันจะลบล้างข้อด้อยที่แต่ละวิธีมีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

ความหมายของ “ความเสี่ยง” และ “การประเมินความเสี่ยง”

เราสามารถให้นิยามคำว่า “ความเสี่ยง” คือ “ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใด ๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 1 อย่าง ผลลัพธ์ที่ว่านี้เราไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์” จากความหมายดังกล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่าความเสี่ยงจะต้องประกอบด้วย 2 องค์ประกอบคือ “ไม่แน่นอน” และ “ไม่พึงประสงค์” คำว่า “ไม่แน่นอน” นี้หมายความว่าเราไม่สามารถบอกได้ด้วยความมั่นใจว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่กำลังสนใจหรือไม่ แต่เราสามารถบอกได้แต่เพียงโอกาสของการเกิด โดยบอกในรูปของ “ความน่าจะเป็น” (probability) ซึ่งสามารถกำหนดในเชิงปริมาณได้ว่าเป็นค่าซึ่งอยู่ระหว่าง 0 (หมายถึงเหตุการณ์ที่กล่าวถึงไม่เกิดขึ้นแน่นอน) ถึง 1 (หมายถึงเหตุการณ์ที่กล่าวถึงเกิดขึ้นแน่นอน) ยกตัวอย่างเช่น การโยนเหรียญ 1 ครั้ง เราไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าผลของการโยนจะออกหัวหรือก้อย แต่เราสามารถบอกได้ว่าโอกาสที่จะออกหัวหรือก้อยเท่ากันคือ 0.5 หรือ 50% แต่ในการประเมินความเสี่ยงในทางปฏิบัติแล้ว เราอาจไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน โดยทำได้แค่การกำหนดความน่าจะเป็นในเชิงคุณภาพ คือ สูง ปานกลาง หรือต่ำ เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบที่ 2 คือ “ไม่พึงประสงค์” หมายความว่าเหตุการณ์หรือผลที่จะเกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการหรือไม่พึงประสงค์ มีหลายกรณีที่เรามักใช้คำว่า “เสี่ยง” โดยที่ไม่ตรงกับความหมายที่นิยามไว้ในที่นี้ กล่าวคือขาดองค์ประกอบด้านใดด้านหนึ่งไป เช่น การเสี่ยงโชค แม้ว่าผลที่จะเกิดขึ้นไม่แน่นอนแต่ทุกคนก็ต้องการให้ผลนั้น (การถูกรางวัล) เกิดขึ้น จึงถือว่าขาดองค์ประกอบของ “ไม่พึงประสงค์” มีบางกรณีที่ผลบางอย่างเราไม่พึงประสงค์แต่เกิดขึ้นแน่นอน เช่น การเสียชีวิต กรณีเช่นนี้ก็ไม่ถือว่าเป็นความเสี่ยงเพราะถือว่าขาดองค์ประกอบของ “ความไม่แน่นอน” ผู้เชี่ยวชาญบางท่านให้ความหมาย “ความเสี่ยง” ว่าเป็นฟังก์ชันของสิ่งคุกคาม (Hazard) และการสัมผัส (Exposure) หมายความว่า หากไม่มีสิ่งคุกคามและ/หรือการสัมผัสแล้ว ความเสี่ยงย่อมไม่เกิดขึ้น

เราอาจกล่าวได้ว่าการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุกวันนี้อยู่บนความเสี่ยงตลอดเวลา ความเสี่ยงบางชนิดสามารถกำหนดได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากมีข้อมูลที่มากเพียงพอต่อการคำนวณความเสี่ยงนั้น ตารางที่ 1 แสดงระดับความเสี่ยงของกิจกรรมบางอย่างที่มีการคำนวณไว้

ตารางที่ 1 ความเสี่ยงของการตายรายปีจากกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์ที่พบบ่อย

กิจกรรม	จำนวนของการตาย ในปีที่ทำการศึกษ	ความเสี่ยงของแต่ละ บุคคลในปีที่ศึกษา	ความเสี่ยงตลอดชีวิต (Lifetime risk)*
การทำเหมืองถ่านหิน			
อุบัติเหตุ	180	1.30×10^{-3} หรือ 1/770	1/17
โรคปอดจากถ่านหิน (Black lung disease)	1,135	8×10^{-3} หรือ 1/125	1/3
อุบัติเหตุยานยนต์	46,000	3.2×10^{-4} หรือ 1/4,500	1/65
อุบัติเหตุจากรถบรรทุก	400	10^{-4} หรือ 1/10,000	1/222
การตกจากที่สูง	16,339	7.7×10^{-5} หรือ 1/13,000	1/186
อุบัติเหตุในบ้าน	25,000	1.2×10^{-5} หรือ 1/83,000	1/130

* ความเสี่ยงตลอดชีวิตคำนวณจากอายุเฉลี่ย 70 ปี และอายุการทำงาน 45 ปี

(ดัดแปลงจาก U.S. Environmental Protection Agency⁶.)

อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงจากเหตุการณ์หลากหลายชนิดอีกมากมายไม่สามารถประเมินหรือวัดได้ แม้ว่าจะมีข้อมูลที่มีการรวบรวมไว้ต่อกรณีหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มากมายก็ตาม เช่น ความเสี่ยงรายปีจากการตายเนื่องจากการได้รับยา สารกำจัดแมลง หรือสารเคมีในอุตสาหกรรม ทั้งโดยตั้งใจและอุบัติเหตุ แต่ก็ยังเป็นข้อมูลจำกัดอยู่เฉพาะสภาวะที่เกิดขึ้นแบบเฉียบพลัน ในบางสถานการณ์ การได้รับสารคุกคามเพียงครั้งเดียวในปริมาณสูงทำให้เกิดผลที่สังเกตได้ในทันทีโดยปราศจากข้อสงสัยใด ๆ แต่ในความเป็นจริงในสถานการณ์ส่วนมาก การประเมินความเสี่ยงมักมีความยุ่งยากและซับซ้อน อันเนื่องจากการได้รับสารคุกคามที่ไม่ก่อให้เกิดผลแบบเฉียบพลัน หรือเกิดผลเฉียบพลันแต่อาการไม่รุนแรงหรือเด่นชัด เช่น อาการระคายเคืองของผิวหนัง นอกจากนี้การสัมผัสหรือได้รับสิ่งคุกคามก็เป็นไปได้ตั้งแต่แบบชั่วคราวระยะเวลานั้น ๆ จนถึงแบบเรื้อรังหรือต่อเนื่อง ด้วยเหตุปัจจัย 2 ประการดังกล่าวจึงทำให้ไม่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่า ผลกระทบด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการได้รับสารคุกคามนั้น ๆ หรือไม่

สำหรับการประเมินความเสี่ยงคือ “กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำ หรือเหตุการณ์ใด ๆ” ซึ่งถือได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในทางวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น เพราะโดยวัตถุประสงค์แล้วต้องการที่จะตอบคำถามว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและเสี่ยงมากน้อยเพียงใด (โดยบอกเป็นความน่าจะเป็น) อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative study) เพราะเป็นการศึกษาในลักษณะที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ เป็นตัวเลขได้นั่นเอง

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง



สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอนซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency หรือ EPA) ด้วย ดังนี้

1. การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard identification) ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อที่จะตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่เรากำลังสนใจจะมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่
2. การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) เป็นการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าจะก่อนหรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม
3. การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-response Assessment) คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์ รวมทั้งแบบจำลองที่จะนำไปใช้ในการทำนายการตอบสนอง
4. การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization) คือการพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (Uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือ การตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใด ๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น

ในบทต่อ ๆ ไปจะเป็นการอธิบายแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด

บรรณานุกรม

1. Covello VT, Merkhofer MW. 1993. Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks. New York: Plenum Press, pp. 1-172.
2. Hallenbeck WH. 1993. Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health. Chelsea: Lewis Publishers, pp. 63-126.
3. Robson M, Ellerbusch F. 2007. Introduction to risk assessment in public health. In: Robson M, Toscano W, eds. Risk Assessment for Environmental Health. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc., pp. 1-10.
4. Rodricks JV. 1994. Calculated Risks: Understanding the Toxicity and Human Health Risks of Chemicals in Our Environment. New York: Cambridge University Press, pp. 158-179.
5. Singleton R, Castle P, Short D. 1999. Environmental Assessment. London: the Authors and Thomas Telford Ltd.
6. U.S. Environmental Protection Agency. 1990. Risk Assessment, Management and Communication of Drinking Water Contamination. Cincinnati, pp. 29-46.
7. ชาย โพธิ์สีดา. 2551. การวิจัยเชิงคุณภาพ : ข้อพิจารณาทางทฤษฎี. ใน: การศึกษาเชิงคุณภาพ : เทคนิคการวิจัยภาคสนาม, บรรณาธิการ เบญจา ยอดดำเนิน-แอ๊ดติงส์, บุปผา ศิริรัมย์, และวาทีณี บุญชะลิกษ์. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

บทที่ 2



การประเมิน สิ่งแวดล้อม

บทนำ

ดังได้กล่าวแล้วว่าวัตถุประสงค์ของการประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard identification) นี้คือการตอบคำถามที่ว่าสิ่งคุกคามนั้นมีอยู่จริงหรือไม่ หรืออีกนัยหนึ่ง สิ่งคุกคามที่เรา กำลังสนใจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ โดยจะต้องอาศัยข้อมูล 2 ชนิดคือ 1) ข้อมูล เกี่ยวกับการบาดเจ็บหรือโรคที่เกี่ยวกับสารคุกคามนั้น 2) สภาพการณ์ของการรับเอา สารคุกคามเข้าสู่ร่างกายและก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือโรคในที่สุด การจะระบุว่ามีสาร คุกคามใด ๆ มีผลต่อสุขภาพหรือไม่ จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมาก โดยอาจได้จากการ ศึกษาในสัตว์ทดลอง การศึกษาทางวิทยาการระบาดในกลุ่มประชากรที่ได้รับ สารคุกคาม การศึกษาในทางคลินิกหรือรายงานผู้ป่วยที่ได้รับสารคุกคามที่สนใจ นอกจากนี้อาจได้จากการศึกษาความเป็นพิษในระบบอื่น ๆ ที่นอกเหนือไปจากการ ทดลองในสัตว์ทดลอง เช่น การศึกษาเฉพาะอวัยวะหรือเซลล์ที่เพาะเลี้ยงในหลอด ทดลอง และท้ายที่สุดอาจได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลทางเคมีของสารที่สนใจ (กรณีสารคุกคามที่เป็นสารเคมี) อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอวัยวะหรือเซลล์เพาะเลี้ยง และการวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลทางเคมี มักจะมีความไม่แน่นอนสูงในการที่จะ บ่งบอกความเป็นพิษ แต่ถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทางคลินิก หรือรายงานผู้ป่วย จะมีความสำคัญในการระบุผลกระทบด้านสุขภาพจากสารคุกคามหนึ่ง ๆ [ดังเช่น การพบว่าสารเบนซีน (Benzene) สามารถก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวนั้น ได้มาจาก รายงานผู้ป่วย (Case reports) จำนวนมาก] ในทางปฏิบัติมักจะไม่นำมาใช้ใน การประเมินความเสี่ยงมากนัก ข้อมูลที่สำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงแท้ที่จริงแล้ว มาจากการศึกษาในสัตว์ทดลองและข้อมูลทางวิทยาการระบาด ต่อไปนี้เป็นรายละเอียด ของแต่ละวิธี

การศึกษาทางวิทยาการระบาด (Epidemiological Studies)

การศึกษาทางวิทยาการระบาด เป็นการศึกษาแบบการเกิดโรคในมนุษย์รวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดแบบนั้น ด้วยการออกแบบการศึกษาที่เหมาะสมประกอบกับการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ถูกต้องจะช่วยตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใด ๆ จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพในมนุษย์หรือไม่ การศึกษา

ทางวิทยาการระบาดอาจแบ่งเป็น 3 แบบใหญ่ ๆ คือ การศึกษาเชิงพรรณนา การศึกษาเชิงวิเคราะห์ และการศึกษาเชิงทดลอง รายละเอียดในเรื่องนี้อาจศึกษาได้จากตำราวิทยาการระบาดทั่วไป ข้อดีของการศึกษาเชิงวิทยาการระบาดคือ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้สรุปผลในมนุษย์ได้เลย เนื่องจากเป็นการศึกษาในมนุษย์ แต่การศึกษาลักษณะนี้ไม่สามารถทำได้เสมอไป เพราะมนุษย์ต้องมีการได้รับสารคุกคามรวมทั้งผลกระทบด้านสุขภาพก็ต้องเกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว ดังเช่น การศึกษาว่าการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จะเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งในสมองหรือไม่ ยังอาจไม่สามารถสรุปได้ในขณะนี้ เนื่องจากระยะเวลาในการก่อให้เกิดมะเร็งต้องใช้เวลานานและปริมาณคลื่นที่ได้รับจะต้องมากพอ จึงทำให้ผู้ป่วยมะเร็งสมองไม่มากนัก ถ้าหากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งในสมองจริง เป็นต้น

ข้อมูลในทางวิทยาการระบาดมักได้จากแหล่งที่สำคัญ 4 แหล่งคือ

1. ข้อมูลการรายงานด้วยตนเองของผู้ที่ได้รับสารคุกคาม
2. การรายงานผู้ป่วยโดยบุคลากรทางการแพทย์
3. การศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlational studies) โดยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนการป่วยของมนุษย์ในกลุ่มที่ได้รับสารคุกคามจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน
4. การศึกษาทางวิทยาการระบาดอื่น ๆ

การศึกษา 3 ชนิดแรกอาจจัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า การศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive studies) ส่วนในประเภทที่ 4 อาจเรียกให้เฉพาะว่าการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical studies)

ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับการศึกษาทางวิทยาการระบาด

การหากกลุ่มควบคุมที่เหมือนกับกลุ่มศึกษามักจะทำได้ยาก เนื่องจากปัจจัยที่นำไปสู่การได้รับหรือสัมผัสสารคุกคามในกลุ่มศึกษา เช่น อาชีพหรือที่อยู่อาศัย มักจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสุขภาพ เช่น วิธีการดำรงชีวิต และสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม

- การควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การสูบบุหรี่ และมีผลต่อสุขภาพมักจะทำได้ยาก
- ผลกระทบด้านสุขภาพที่มีการบันทึกอย่างเป็นระบบ และมีข้อมูลที่ค่อนข้างสมบูรณ์ มีไม่กี่ประเภท เช่น สาเหตุการตาย แม้กระนั้น การหาสาเหตุการตายที่ถูกต้องและเชื่อถือได้บางครั้งก็ทำได้ยาก ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพหลายชนิดมักจะไม่มีบันทึกอย่างเป็นระบบ เช่น สถานะการเป็นหมัน การแท้ง หรือโรคทางจิตเวช เป็นต้น

• ข้อมูลระดับการได้รับหรือสัมผัสสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ มักจะไม่มี การบันทึกไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการสัมผัสในอดีต ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัมผัสกับการตอบสนองจึงแทบเป็นไปไม่ได้เลย

- เมื่อศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพที่ใช้เวลาการเกิดโรคนาน เช่น มะเร็ง จะต้องใช้ระยะเวลาการศึกษาที่นานพอจนแน่ใจได้ว่าเป็นผลจากการได้รับสารคุกคามที่สนใจหรือไม่ ซึ่งในระหว่าง

ระยะเวลาที่รอดูผลนี้ก็อาจได้รับสารที่สงสัยเพิ่มเติมได้อีก และแน่นอนว่าความเสี่ยงของโรคก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

- อำนาจในการแยกแยะความแตกต่างของสถิติที่ใช้ในการทดสอบหาความสัมพันธ์ ขึ้นกับจำนวนของกลุ่มตัวอย่างโดยตรง หมายความว่า หากจำนวนตัวอย่างไม่มากพออาจไม่เห็นความแตกต่างของสัดส่วนการเกิดระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ทั้ง ๆ ที่สารคุกคามที่สนใจเป็นปัจจัยเสี่ยงหรือสาเหตุของการเกิดโรค

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้การแปลผลในทางวิทยาการระบาดมีความไม่แน่นอนสูง และบางครั้งต้องอาศัยหลักฐานสนับสนุนอื่น ๆ ประกอบ เช่น การศึกษาทางวิทยาการระบาดอื่นที่ศึกษาในกลุ่มประชากรอื่นหรือพื้นที่อื่น หรือการศึกษาในสัตว์ทดลอง เป็นต้น

การศึกษาทางวิทยาการระบาดที่ให้ผลลบจะต้องแปลผลด้วยความระมัดระวัง ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่าน้ำดื่มปนเปื้อนด้วยสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ 1 คนในทุก ๆ 100 คนที่ได้รับสารดังกล่าวจำนวน 10 หน่วย และระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดมะเร็งนับตั้งแต่ได้รับสารจำนวน 10 หน่วยดังกล่าวคือ 30 ปี ภายหลังจากกลุ่มประชากรที่ศึกษาได้รับสารดังกล่าวแล้ว 15 ปี นักวิทยาการระบาดตัดสินใจดูผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้น และพบว่าในกลุ่มนี้มีรายงานผู้เสียชีวิตจำนวน 20 คน แต่ไม่ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับการได้รับสารดังกล่าวมากนัก โดยพบว่าบางรายได้รับสารดังกล่าวตั้งแต่น้ำดื่มเริ่มมีการปนเปื้อน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งได้รับหลายปีถัดมา จากการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าจำนวนผู้ที่เสียชีวิตจากมะเร็งไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสรุปว่าสารดังกล่าวไม่ใช่สารก่อมะเร็ง ดังนั้นเห็นได้ชัดว่าข้อสรุปดังกล่าวไม่ถูกต้อง เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการดังได้กล่าวมาแล้ว

การศึกษาในสัตว์ทดลอง (In Vivo Animal Bioassays)

บ่อยครั้งที่ข้อมูลทางด้านวิทยาการระบาดในมนุษย์ไม่มี หรือไม่เพียงพอที่จะตอบคำถามดังกล่าว ซึ่งพบได้บ่อยในกรณีที่สิ่งคุกคามนั้น ๆ เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น สารเคมี เป็นต้น การที่จะยอมให้มีการปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วรอดูว่าจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในมนุษย์หรือไม่ย่อมจะเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นการศึกษาในสัตว์ทดลองจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการตอบคำถามข้างต้น โดยอาศัยหลักการของการทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity test) ซึ่งจะเน้นที่การค้นหาว่าสารคุกคามหนึ่ง ๆ ก่อให้เกิดการทำลายของสุขภาพของสัตว์ทดลองแบบใด รวมถึงการหาช่วงของขนาดของสาร (Range of doses) ที่ก่อให้เกิดการทำลายดังกล่าว การทดสอบความเป็นพิษมักจะเริ่มต้นด้วยการหาความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute toxicity test) ผลที่ได้จากการศึกษาชนิดนี้คือ การคำนวณขนาดของสารพิษที่ไม่ก่อให้เกิดการตายในสัตว์เพื่อใช้ในการศึกษาที่มีระยะเวลานานขึ้นกว่าเดิม