ตารางชีพ (Life table)

208343 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติประชากร
(Introduction to demographic statistics)

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุคนธ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เนื้อหา

- ลักษณะของตารางชีพ
- ตารางชีพแบบสมบูรณ์
- ตารางชีพแบบย่อ
- การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

ลักษณะของตารางชีพ

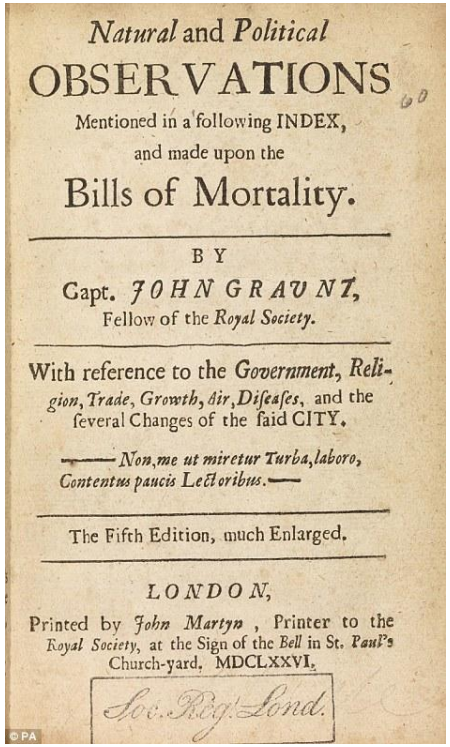
ตารางชีพ (Life table)

- ตารางแสดงข้อมูลตัวเลขเกี่ยวกับการตาย และการมีชีวิตอยู่รอดที่อายุใด ๆ ของประชากร ซึ่งมักกำหนดไว้ที่ 100,000 คน
- **ตารางชีพ** มีอยู่หลายแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึง 2 แบบ คือ
  - ตารางชีพแบบสมบูรณ์ (Complete life table)
  - ตารางชีพแบบย่อ (Abridged life table)

ลักษณะของตารางชีพ

ตารางชีพยุคแรกเริ่ม (The first life tables)

- หลักการของตารางชีพถูกคิดค้นขึ้นโดย John Graunt (1620-74) แม้ว่าคำว่า "ตารางชีพ" จะถูกเสนอขึ้นในยุคหลัง


Natural and *Political*
OBSERVATIONS
Mentioned in a following INDEX,
and made upon the
Bills of Mortality.

BY
Gapt. JOHN GRAUNT,
Fellow of the *Royal Society*.

With reference to the *Government*, *Religion*, *Trade*, *Growth*, *Air*, *Diseases*, and the several Changes of the said CITY.

——*Non, me ut miretur Turba, laboro, Contentus paucis Lectoribus.*——

The Fifth Edition, much Enlarged.

LONDON,
Printed by *John Martyn*, Printer to the *Royal Society*, at the Sign of the *Bell* in St. *Paul's* Church-yard. MDCLXXVI.

Soc. Reg. Lond.

Graunt's life table for London

From whence it follows, that of the said 100 conceived there remains alive at six years end			
At sixteen years end....	40	At fifty six.....	6
At twenty six.....	25	At sixty six.....	3
At thirty six.....	16	At seventy six.....	1
At forty six.....	10	At eighty.....	0

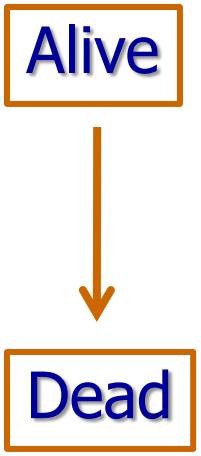
ตารางชีพยุคแรกเริ่ม (The first life tables)

- Edmund Halley (1656-1742) ได้สร้างแนวทางที่ยึดตามหลักการคณิตศาสตร์สำหรับใช้สร้างตารางชีพ โดยอาศัย Bills of mortality ของเมือง Breslau ในประเทศเยอรมัน

  ซึ่งหลักการดังกล่าวจัดเป็นแม่แบบของวิธีการสร้างตารางชีพในปัจจุบัน
- Lowell Reed & Margaret Merrell ได้เสนอเทคนิคใหม่เพื่อประมาณค่าโอกาสจะตายในแต่ละช่วงอายุจากอัตราภาวะการตายเฉพาะช่วงอายุ (1939)

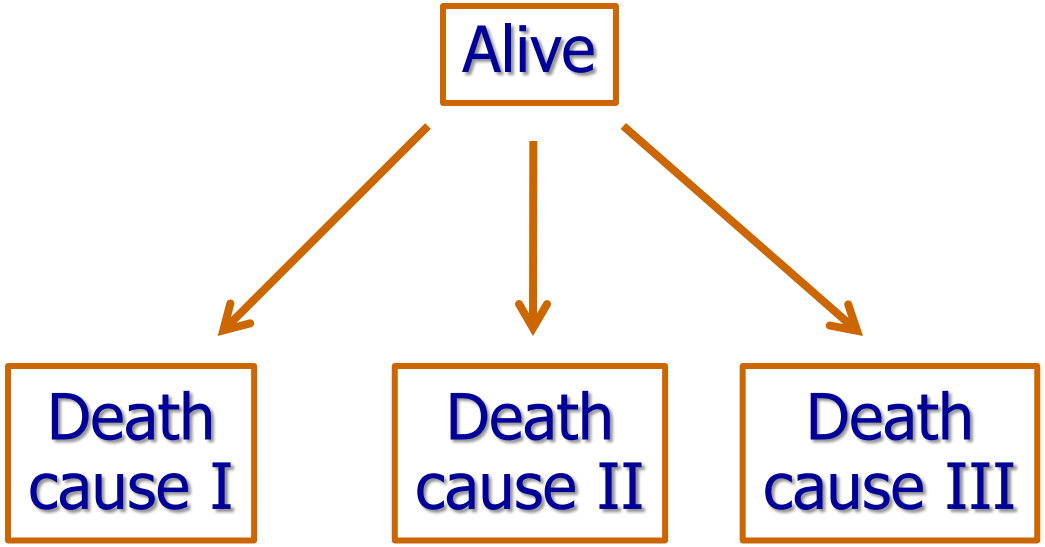
ชนิดของตารางชีพ (Types of life tables)

- การลดลงทางเดียว (Single decrement)



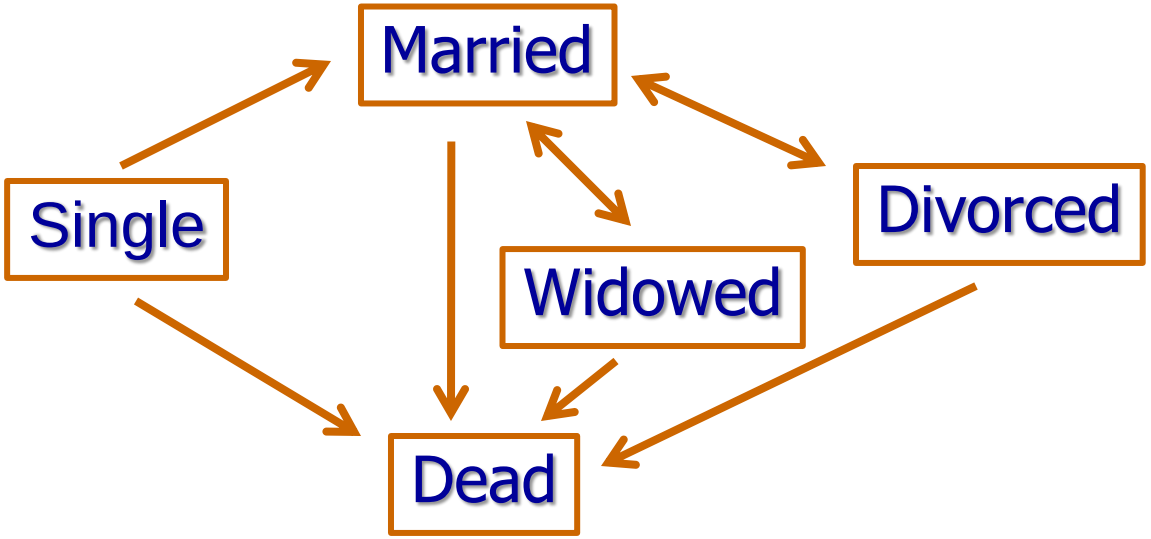
ชนิดของตารางชีพ (Types of life tables)

- การลดลงโดยหลายสาเหตุ (Multiple decrement)



ชนิดของตารางชีพ (Types of life tables)

- สถานะหลายระดับและการเพิ่มขึ้น-การลดลง (Multi-state and increment-decrement)



หลักการสำคัญของตารางชีพ

- หลักการของตารางชีพมุ่งหมายในการติดตามเด็กแรกเกิดในแต่ละรุ่นไปจนกระทั่งตลอดชีวิตของแต่ละคน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะถูกใช้ในการคำนวณอัตราภาวะการตายเฉพาะกลุ่มอายุ ($ASMR_a$)

- เมื่ออายุเพิ่มขึ้น จำนวนของผู้ถูกติดตามที่เสียชีวิตจะมีมากยิ่งขึ้นเมื่ออัตราภาวะการตายมีค่าสูง

แนวโน้มภาวะการตาย

Life table in Thailand, 2010

Age, x	Death, ${}_nD_x$	Population, ${}_nP_x$	Mortality rate, ${}_nM_x$	Probability of dying, ${}_nq_x$	Individual surviving, l_x	Deaths in interval, ${}_nd_x$	Years lived in interval, ${}_nL_x$	Cumulative years lived, T_x	e_x
0	5 416	752 321	0.0072	0.0072	100 000	720	99 496	7 780 418	77.80
1-4	2 010	3 221 400	0.0006	0.0025	99 280	248	396 525	7 680 922	77.37
5-9	1 686	4 102 585	0.0004	0.0020	99 032	198	494 664	7 284 397	73.56
10-14	2 317	4 815 439	0.0005	0.0024	98 834	237	493 576	6 789 733	68.70
15-19	5 464	4 910 411	0.0011	0.0055	98 597	542	491 627	6 296 157	63.86
20-24	6 015	4 721 027	0.0013	0.0064	98 055	628	488 702	5 804 530	59.20
25-29	8 245	5 244 631	0.0016	0.0078	97 427	760	485 234	5 315 828	54.56
30-34	11 275	5 422 374	0.0021	0.0103	96 667	996	480 845	4 830 594	49.97
35-39	14 662	5 535 275	0.0026	0.0132	95 671	1 263	475 198	4 349 749	45.47
40-44	18 433	5 452 439	0.0034	0.0168	94 408	1 586	468 076	3 874 551	41.04
45-49	21 725	4 889 621	0.0044	0.0220	92 822	2 042	459 006	3 406 475	36.70
50-54	24 878	4 065 202	0.0061	0.0301	90 780	2 732	447 069	2 947 469	32.47
55-59	27 786	3 158 084	0.0088	0.0430	88 048	3 786	430 773	2 500 400	28.40
60-64	29 567	2 212 629	0.0134	0.0647	84 262	5 452	407 679	2 069 627	24.56
65-69	34 223	1 705 428	0.0201	0.0955	78 810	7 526	375 233	1 661 948	21.09
70+	179 995	3 248 573	0.0554	1.0000	71 284	71 284	1 286 715	1 286 715	18.05

ส่วนประกอบของตารางชีพ

Age interval (years)	${}_nq_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x	e_x
(x, x+n)						

ความน่าจะเป็นที่จะเสียชีวิตในช่วง [x, x+n] เมื่อรอดชีวิตที่อายุ x

- ตัวห้อย n หน้าสัญลักษณ์ หมายถึงความกว้างของช่วง
- ตัวห้อย x หลังสัญลักษณ์ หมายถึงตำแหน่งเริ่มต้นของช่วง
- ℓ_x, T_x และ e_x ไม่มีตัวห้อยด้านซ้ายเสมอ เนื่องจากเป็นค่าจำเพาะตามอายุ x

ส่วนประกอบของตารางชีพ

- ${}_nd_x$ หรือ d(x,n) จำนวนของคนตายภายใต้ค่าฐาน ระหว่างอายุ x ถึง x+n
- $\sum_n d_x = \ell_0$

- ถ้า $\ell_0 = 1$, ${}_nd_x$ = โอกาสที่จะตาย ระหว่างอายุ x ถึง x+n

Age interval (years)	${}_nq_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x	e_x
(x, x+n)						

- ค่าเริ่มต้น สำหรับอายุ 0 เรียกว่า ค่าฐาน (radix), ℓ_0, มักกำหนดให้ ℓ_0 =100,000
- ℓ_x เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะรอดชีพที่อายุ x ถ้ากำหนดค่า $\ell_0 = 1$ หรือค่า ℓ_x / ℓ_0

- ℓ_x เป็นค่าจำนวนที่รอดชีพที่อายุ x ถ้ากำหนดค่า ℓ_0 = จำนวนเด็กเกิดมีชีพ

ส่วนประกอบของตารางชีพ

- T_x หรือ T(x) = จำนวนปี-คน ที่มีชีวิตเกินกว่าอายุ x
- ถ้า $\ell_0 = 1$, T_x = "expected" years lived หลังอายุ x

Age interval (years)	${}_nq_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x	e_x
(x, x+n)						

- ${}_nL_x$ หรือ L(x,n) = จำนวนปี-คน ที่มีชีวิต (Person-years lived) ระหว่างอายุ x ถึง x+n
- ถ้า $\ell_0 = 1$, ${}_nL_x$ = "expected" years lived ระหว่างอายุ x ถึง x+n

ส่วนประกอบของตารางชีพ

Age interval (years)	${}_nq_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x	e_x
(x, x+n)						

- e_x หรือ e(x) = ค่าคาดหวังของชีวิตที่อายุ x หมายถึง ค่าเฉลี่ยของชั่วชีวิตที่เหลือ (Average remaining lifetime) หรืออายุขัยเฉลี่ย สำหรับผู้ที่รอดชีวิต ณ อายุ x
- ดังนั้น e_0 = ความคาดหมายการคงชีพ (Life expectancy) เมื่อแรกเกิด หรือ จำนวนปีที่แต่ละคนสามารถคาดหวังจะมีชีวิต

ตารางชีพแบบสมบูรณ์

- เป็นตารางแสดงข้อมูลตัวเลขเกี่ยวกับการตายตามอายุรายปีตั้งแต่เกิดไปจนถึงอายุท้ายสุดที่มีข้อมูล
- โดยทั่วไป ในการสร้างตารางชีพมักจะแยกระหว่างเพศชายและเพศหญิง เนื่องจากภาวะการตายในประชากรชายแต่ละช่วงอายุมีความแตกต่างจากประชากรหญิง

ตารางชีพแบบสมบูรณ์

Complete life table for a female population, 2010

Age	$_nM_x$ per 1000	q_x	p_x	ℓ_x	d_x	L_x	T_x	e_x
0	9.12160	.00908	.99092	100000	908	99364	7826402	78.26
1	0.84807	.00085	.99915	99092	84	99042	7727038	77.98
2	0.49502	.00049	.99951	99008	49	98983	7627996	77.04
3	0.33352	.00033	.99967	98959	33	98942	7529013	76.08
4	0.27296	.00027	.99973	98926	27	98912	7430070	75.11
5	0.23258	.00023	.99977	98899	23	98887	7331158	74.13
6	0.20229	.00020	.99980	98876	20	98866	7232271	73.14
7	0.19221	.00019	.99981	98856	19	98846	7133405	72.16
8	0.19225	.00019	.99981	98837	19	98827	7034558	71.17
:								
103	491.870	.39478	.62462	300	118	241	459	1.53
104	832.500	1.0000	.00000	182	182	218	218	1.20
Total					100000	7826402		

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

จากข้อมูลประชากรเกี่ยวกับจำนวนคนตาย (D_x) และขนาดประชากร (P_x) ในแต่ละอายุ x ทำการคำนวณ

- **อัตราภาวะการตายเฉพาะอายุ x** (Age-specific mortality rate, $\mathbf{M_x}$)

$$\mathbf{M_x} = \frac{\mathbf{D_x}}{\mathbf{P_x}} \times \mathbf{k}$$

$\mathbf{M_x}$ = อัตราตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+1

$\mathbf{D_x}$ = จำนวนคนตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+1

$\mathbf{P_x}$ = ประชากรกลางปีเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+1

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **โอกาสที่จะตาย**ระหว่างอายุ x (Probability of dying between exact ages x, $\mathbf{q_x}$)

$$\mathbf{q_x} = \frac{2M_x}{2+M_x}$$

$\mathbf{M_x}$ = อัตราตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+1

$\mathbf{q_x}$ = โอกาสที่จะตายระหว่างช่วงอายุ x ถึง x+1

สำหรับโอกาสที่จะตายในช่วงอายุ x ปลายเปิด (open-ended age interval), ${}_{\infty}q_x$, มีค่าเป็น 1 เสมอ

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **โอกาสที่จะรอดชีพ**จากอายุ x จนถึงอายุ x+1 (Probability of surviving from one exact age to the next, $\mathbf{p_x}$)

$$\boxed{p_x = 1 - q_x}$$

q_x = โอกาสที่จะตายระหว่างช่วงอายุ x ถึง x+1

สำหรับโอกาสที่จะรอดชีพจากอายุ x ไปไม่สิ้นสุด, ${}_{\infty}p_x$, มีค่าเป็น 0 เสมอ

ตัวอย่าง 1

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	จน.ปชก	จน.คนตาย
0	7 826 402	71 389
1	7 482 300	6 345
2	7 528 975	3 727
3	7 636 656	2 547

จงคำนวณค่า

ก) อัตราภาวะการตายของแต่ละอายุ

ข) โอกาสที่จะตายของแต่ละอายุ

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **จำนวนรอดชีพ**ที่อายุ x (Numbers surviving at exact age x, ℓ_x)

$$\ell_{x+1} = \ell_x \times p_x$$

p_x = โอกาสรอดชีพที่อายุ x

ในที่นี้จะกำหนดค่าฐาน (radix) $\ell_0 = 100\ 000$
ดังนั้น หากต้องการทราบร้อยละของการรอดชีพที่อายุ x สามารถคำนวณได้จาก $\ell_x/1\ 000$
หรือหากต้องการทราบค่าโอกาสของการรอดชีพที่อายุ x สามารถคำนวณได้จาก $\ell_x/100\ 000$

ตัวอย่าง 2

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	จน.ปชก	จน.คนตาย	M_x	q_x	p_x
0	7 826 402	71 389	9.12160	0.00908	0.99092
1	7 481 700	6 345	0.84807	0.00085	0.99915
2	7 528 975	3 727	0.49502	0.00049	0.99951
3	7 636 656	2 547	0.33352	0.00033	0.99967

จงคำนวณค่า

ก) จำนวนรอดชีพที่แต่ละอายุ

ข) ร้อยละการรอดชีพที่แต่ละอายุ

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **จำนวนที่ตาย**ระหว่างอายุ x (Number of deaths between exact ages, $\mathbf{d_x}$)

$$\boxed{d_x = \ell_x \times q_x}$$

q_x = โอกาสที่จะตายระหว่างอายุ x

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

หรือ

$$\boxed{d_x = \ell_x - \ell_{x+1}}$$

สำหรับจำนวนที่ตายระหว่างอายุ x จนไม่สิ้นสุด, ${}_{\infty}d_x = \ell_x$

ตัวอย่าง 3

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	จน.ปชก	จน.คนตาย	M_x	q_x	p_x	ℓ_x
0	7 826 402	71 389	9.12160	0.00908	0.99092	100 000
1	7 482 300	6 345	0.84807	0.00085	0.99915	99 092
2	7 528 975	3 727	0.49502	0.00049	0.99951	99 008
3	7 636 656	2 547	0.33352	0.00033	0.99967	98 959

จงคำนวณค่าจำนวนที่ตายระหว่างแต่ละอายุ (d_x)

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **จำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ย**ระหว่างอายุ x (Average number alive between exact ages, $\mathbf{L_x}$)

$$\boxed{L_x = \frac{\ell_x + \ell_{x+1}}{2}}$$

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

เนื่องจากโอกาสตายในเด็ก 0-1 ปี มักมีค่าสูง จึงส่งผลต่อ L_x ดังนั้นจึงมีข้อเสนอปรับค่าสำหรับ L_0, L_1

$$\boxed{L_0 = 0.3\ell_0 + 0.7\ell_1} \qquad \boxed{L_1 = 0.4\ell_1 + 0.6\ell_2}$$

สำหรับจำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ x จนไม่สิ้นสุด, ${}_\infty L_x = \ell_x / {}_\infty M_x$

ตัวอย่าง 4

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	M_x	q_x	p_x	ℓ_x	d_x	L_x
0	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364
1	0.84807	0.00085	0.99915	99 092	84	99 042
2	0.49502	0.00049	0.99951	99 008	49	98 984
3	0.33352	0.00033	0.99967	98 959	33	

จงคำนวณจำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างแต่ละอายุ (L_x)
หากกำหนดให้ ${}_{\infty}M_4$ = 13.31427 per 1 000

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **ประชากรทั้งหมด**ที่อายุ x และเกินกว่า (Total population aged x and over, T_x)

$$T_x = \sum_{t=0}^{\infty} L_{x+t}$$

L_x = จำนวนมีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ x

นอกจากนี้ T_x = จำนวนปี-คนของการมีชีวิตจากอายุ x

ตัวอย่าง 5

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	M_x	q_x	p_x	ℓ_x	d_x	L_x	T_x
0	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 826 402
1	0.84807	0.00085	0.99915	99 092	84	99 042	7 727 038
2	0.49502	0.00049	0.99951	99 008	49	98 984	7 627 996
3	0.33352	0.00033	0.99967	98 959	33	98 942	7 529 012
4+	13.31427	1	0	98 926	98 926	7 430 070	7 430 070

จงคำนวณประชากรทั้งหมดที่แต่ละอายุ (T_x)

การสร้างตารางชีพแบบสมบูรณ์

- **ค่าคาดหวังของชีวิต**ที่อายุ x (Expectation of life, e_x)

$$e_x = \frac{T_x}{\ell_x}$$

T_x = ประชากรทั้งหมดที่อายุ x และเกินกว่า

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

นอกจากนี้ e_x = ค่าเฉลี่ยของจำนวนปีที่มีชีวิตของผู้ที่มีอายุ x หรืออายุขัยเฉลี่ยที่อายุ x

ตัวอย่าง 6

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	M_x	q_x	p_x	ℓ_x	d_x	L_x	T_x
0	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 826 402
1	0.84807	0.00085	0.99915	99 092	84	99 042	7 727 038
2	0.49502	0.00049	0.99951	99 008	49	98 984	7 627 996
3	0.33352	0.00033	0.99967	98 959	33	98 942	7 529 012
4+	13.31427	1	0	98 926	98 926	7 430 070	7 430 070

จงคำนวณค่าคาดหวังของชีวิตที่แต่ละอายุ (e_x)

ตารางชีพแบบย่อ

- เป็นตารางแสดงข้อมูลตัวเลขเกี่ยวกับการตาย ตามช่วงอายุ เช่น ช่วงอายุ 5 ปี หรือ 10 ปี

- ตารางชีพแบบย่อของช่วงอายุ 5 ปี จะเริ่มตั้งแต่ อายุ 0 ปี, 1-4 ปี, 5-9 ปี, 10-14 ปี เรื่อยไป จนถึงช่วงอายุสูงสุดที่มีข้อมูลการตาย

Abridged life table for a female population, 2010

Age	n	$_nM_x$ per 1000	$_nq_x$	$_np_x$	ℓ_x	$_nd_x$	$_nL_x$	T_x	e_x
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 821 185	78.21
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982	7 721 820	77.93
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247	7 325 838	74.07
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	493 747	6 831 591	69.15
15-19	5	0.42186	0.00211	0.99789	98 699	208	492 975	6 337 844	64.21
20-24	5	0.48792	0.00244	0.99756	98 491	240	491 855	5 844 869	59.34
25-29	5	0.49932	0.00249	0.99751	98 251	245	490 642	5 353 014	54.48
30-34	5	0.59055	0.00295	0.99705	98 006	289	489 308	4 862 372	49.61
35-39	5	0.90236	0.00450	0.99550	97 717	440	487 485	4 373 064	44.75
40-44	5	1.52871	0.00761	0.99239	97 277	741	484 534	3 885 579	39.94
45-49	5	2.53801	0.01261	0.98739	96 536	1 217	479 639	3 401 045	35.23
50-54	5	4.01730	0.01989	0.98011	95 319	1 896	471 857	2 921 406	30.65
55-59	5	6.25507	0.03079	0.96921	93 424	2 877	459 925	2 449 549	26.22
60-64	5	9.81909	0.04792	0.95208	90 547	4 339	441 886	1 989 624	21.97
65-69	5	15.82430	0.07611	0.92389	86 208	6 561	414 635	1 547 738	17.95
70-74	5	26.16533	0.12279	0.87721	79 646	9 780	373 782	1 133 102	14.23
74-79	5	45.14432	0.20283	0.79717	69 866	14 171	313 904	759 321	10.87
80-84	5	79.86271	0.33286	0.66714	55 695	18 539	232 130	445 417	8.00
85+	∞	174.21076	1.00000	0	37 157	37 157	213 286	213 286	5.74
Total						100 000	7 821 185		

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

จากข้อมูลประชากรเกี่ยวกับจำนวนคนตาย ($_nD_x$) และขนาดประชากร ($_nP_x$) ในแต่ละช่วงอายุ x ถึง x+n ทำการคำนวณ

- **อัตราภาวะการตายเฉพาะอายุ** (Age-specific mortality rate, $_nM_x$)

$$_nM_x = \frac{_nD_x}{_nP_x} \times k$$

$_nM_x$ = อัตราตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+n

$_nD_x$ = จำนวนคนตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+n

$_nP_x$ = ประชากรกลางปีเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+n

$$_\infty M_x = \frac{_\infty D_x}{_\infty P_x} \times k$$

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **โอกาสที่จะตาย**ระหว่างช่วงอายุ x (Probability of dying between exact ages x, ${}_nq_x$)

$$ {}_nq_x = \frac{2n.{}_nM_x}{2+n.{}_nM_x} $$

${}_nM_x$ = อัตราตายเฉพาะช่วงอายุ x ถึง x+n

${}_nq_x$ = โอกาสที่จะตายระหว่างช่วงอายุ x ถึง x+n

สำหรับโอกาสที่จะตายในช่วงอายุ x ปลายเปิด (open-ended age interval), ${}_\infty q_x$, มีค่าเป็น 1 เสมอ

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **โอกาสที่จะรอดชีพ**จากอายุ x จนถึงอายุ x+n (Probability of surviving from one exact age to the next, ${}_{n}p_{x}$)

$$\boxed{{}_{n}p_{x} = 1 - {}_{n}q_{x}}$$

${}_{n}q_{x}$ = โอกาสที่จะตายระหว่างช่วงอายุ x ถึง x+n

สำหรับโอกาสที่จะรอดชีพจากอายุ x ไปไม่สิ้นสุด, ${}_{\infty}p_{x}$, มีค่าเป็น 0 เสมอ

ตัวอย่าง 7

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	n	${}_nM_x$ per 1 000	${}_nq_x = \frac{2n\,{}_nM_x}{2+n\,{}_nM_x}$	${}_np_x = 1-{}_nq_x$
0	1	9.12160	0.00908	0.99092
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898

จงคำนวณค่าโอกาสที่จะตายของแต่ละช่วงอายุ

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **จำนวนรอดชีพ**ที่อายุ x (Numbers surviving at exact age x, ℓ_x)

$$\boxed{\ell_{x+n} = \ell_x \times {}_np_x}$$

${}_np_x$ = โอกาสรอดชีพที่อายุ x ถึง x+n

ในที่นี้จะกำหนดค่าฐาน (radix) $\ell_0 = 100\ 000$
ดังนั้น หากต้องการทราบร้อยละของการรอดชีพที่อายุ x สามารถคำนวณได้จาก $\ell_x/1\ 000$
หรือหากต้องการทราบค่าโอกาสของการรอดชีพที่อายุ x สามารถคำนวณได้จาก $\ell_x/100\ 000$

ตัวอย่าง 8

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	n	${}_nM_x$	${}_nq_x$	${}_np_x$
0	1	9.12160	0.00908	0.99092
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898

จงคำนวณค่า

ก) จำนวนรอดชีพแต่ละช่วงอายุ

ข) ร้อยละการรอดชีพแต่ละช่วงอายุ

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **จำนวนที่ตาย**ระหว่างช่วงอายุ (Number of deaths between exact ages, ${}_n\mathbf{d}_x$)

$$\boxed{{}_n d_x = \ell_x \times {}_n q_x}$$

${}_n q_x$ = โอกาสที่จะตายระหว่างอายุ x ถึง x+n

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

หรือ

$$\boxed{{}_n d_x = \ell_x - \ell_{x+n}}$$

สำหรับจำนวนที่ตายระหว่างอายุ x จนไม่สิ้นสุด, ${}_\infty d_x = \ell_x$

ตัวอย่าง 9

จากข้อมูลประชากรในปี 2553

- ข้อมูลเมือง A

อายุ	n	${}_nM_x$	${}_nq_x$	${}_np_x$	ℓ_x	${}_nd_x$
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101

จงคำนวณค่าจำนวนที่ตายระหว่างแต่ละช่วงอายุ (${}_nd_x$)

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **จำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ย**ระหว่างช่วงอายุ (Average number alive between exact ages, ${}_nL_x$)

$$\boxed{{}_nL_x = \frac{n(\ell_x + \ell_{x+n})}{2}}$$

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

เนื่องจากโอกาสตายในเด็ก 0-1 ปี มักมีค่าสูง จึงส่งผลต่อ L_x ดังนั้นจึงมีข้อเสนอปรับค่าสำหรับ L_0

$$\boxed{L_0 = 0.3\ell_0 + 0.7\ell_1}$$

สำหรับจำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ x จนไม่สิ้นสุด, ${}_\infty L_x = \ell_x / {}_\infty M_x$

ตัวอย่าง 10

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	n	${}_nM_x$	${}_nq_x$	${}_np_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	

จงคำนวณจำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงอายุ (${}_nL_x$)

หากกำหนดให้ ${}_\infty M_{15}$ = 15.57296 per 1 000

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **ประชากรทั้งหมด**ที่อายุ x และเกินกว่า (Total population aged x and over, T_x)

$$T_x = \sum_{i=x}^{\infty} {}_nL_i$$

${}_nL_i$ = จำนวนมีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ i ถึง i+n

นอกจากนี้ T_x = จำนวนปี-คนของการมีชีวิตจากอายุ x

ตัวอย่าง 11

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	n	$_nM_x$	$_Nq_x$	$_np_x$	ℓ_x	$_nd_x$	$_nL_x$	T_x
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 821 184
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982	7 721 820
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247	7 325 838
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	493 747	6 831 591
15+	Inf	15.57296	1	0	98 699	98 699	6 337 844	6 337 844

จงคำนวณประชากรทั้งหมดที่แต่ละอายุ (T_x)

การสร้างตารางชีพแบบย่อ

- **ค่าคาดหวังของชีวิต**ที่อายุ x (Expectation of life, e_x)

$$e_x = \frac{T_x}{\ell_x}$$

T_x = ประชากรทั้งหมดที่อายุ x และเกินกว่า

ℓ_x = จำนวนรอดชีพที่อายุ x

นอกจากนี้ e_x = ค่าเฉลี่ยของจำนวนปีที่มีชีวิตของผู้ที่มีอายุ x หรืออายุขัยเฉลี่ยที่อายุ x

ตัวอย่าง 12

จากข้อมูลเมือง A ในปี 2553

อายุ	n	${}_nM_x$	${}_Nq_x$	${}_np_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 821 184
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982	7 721 820
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247	7 325 838
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	493 747	6 831 591
15+	Inf	15.57296	1	0	98 699	98 699	6 337 844	6 337 844

จงคำนวณค่าคาดหวังของชีวิตที่แต่ละอายุ (e_x)

การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

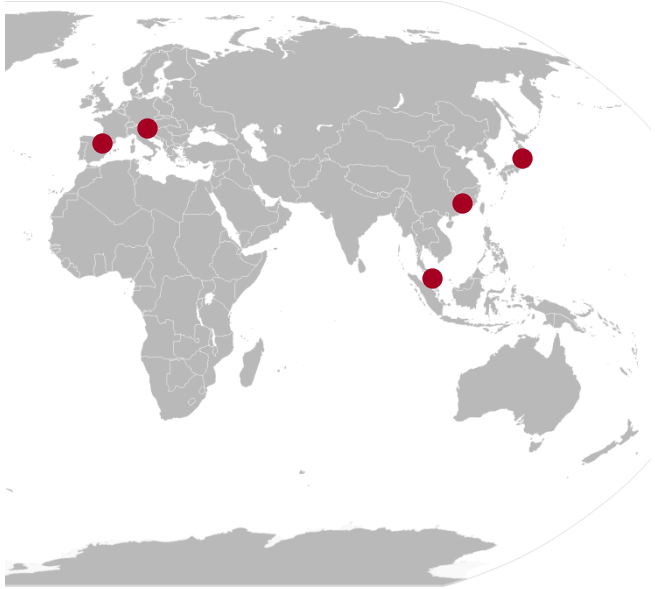
- สามารถเปรียบเทียบอายุขัยเฉลี่ยของประชาชนในแต่ละพื้นที่
- คำนวณอัตราภาวะการตายอย่างหยาบ
- คำนวณโอกาสรอดชีพจากอายุ x ไปถึงอายุ y
- คำนวณอัตราส่วนรอดชีพ (Survival ratios)

การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

- **เปรียบเทียบอายุขัยเฉลี่ยระหว่างพื้นที่**

เช่น การจัดอันดับ 5 ประเทศที่มีอายุขัยเฉลี่ยมากที่สุดในโลก เมื่อปี 2554

ประเทศ	อายุขัยเฉลี่ย (ปี)
เขตบริหารพิเศษมาเก๊า	84.33
อันดอร์รา	82.67
ญี่ปุ่น	82.07
สิงคโปร์	81.89
สาธารณรัฐซานมาริโน	81.88



การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

- คำนวณ**อัตราภาวะการตายอย่างหยาบ**, **CMR**

$$CMR^* = \frac{1}{e_0} \times k$$

e_x = ค่าคาดหวังของชีวิตหรืออายุขัยเฉลี่ย เมื่อแรกเกิด

- คำนวณ **โอกาสรอดชีพ**จากอายุ x-y, **p(x, y)**

$$p(x, y) = \frac{\ell_y}{\ell_x}$$

ℓ_x = จำนวนรอดชีพเมื่ออายุ x

ℓ_y = จำนวนรอดชีพเมื่ออายุ y

ตัวอย่าง 13

จากตารางชีพแบบย่อของเมือง A ในปี 2553

อายุ	n	${}_nM_x$	${}_Nq_x$	${}_np_x$	ℓ_x	${}_nd_x$	${}_nL_x$	T_x	e_x
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 821 184	78.21184
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982	7 721 820	77.92578
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247	7 325 838	74.07398
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	493 747	6 831 591	69.1457
15+	Inf	15.57296	1	0	98 699	98 699	6 337 844	6 337 844	64.21386

จงคำนวณ ก) อัตราภาวะการตายอย่างหยาบของเมือง A ในปี 2553

ข) โอกาสรอดชีพจากแรกเกิดถึง 10 ปี

ก) $CMR = \frac{1}{e_0} \times k = \frac{1}{78.21184} \times 1\,000 = 77.92578$ per 1 000

ข) $p(0, 10) = \ell_{10} / \ell_0 = 98\,800 / 100\,000 = 0.98800$

การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

- คำนวณ**อัตราส่วนรอดชีพ**, **S(x)**
  - **สัดส่วนการรอดชีพ** จากแรกเกิดถึงช่วงอายุ [x, x+n], **S(0, [x, x+n])**

$$S(0, [x, x+n]) = \frac{{}_nL_x}{n.\ell_0}$$

${}_nL_x$ = จำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ [x, x+n]

ℓ_0 = จำนวนรอดชีพเมื่ออายุ 0

การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

- คำนวณ**อัตราส่วนรอดชีพ**, **S(x)**
  - **สัดส่วนการรอดชีพ** จากช่วงอายุ [x, x+n] ถึงอายุ a, **S([x, x+n], a)**

$$S([x, x+n], a) = \frac{n.\ell_a}{{}_nL_x}$$

${}_nL_x$ = จำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ [x, x+n]

ℓ_a = จำนวนรอดชีพเมื่ออายุ a

การใช้ตารางชีพในการวิเคราะห์ประชากร

- คำนวณ**อัตราส่วนรอดชีพ**, **S(x)**
  - **สัดส่วนการรอดชีพ** จากช่วงอายุ [x, x+n] ถึงอายุ [y, y+n], **S([x, x+n], [y, y+n])**

$$S([x, x+n], [y, y+n]) = \frac{{}_nL_y}{{}_nL_x}$$

${}_nL_x$ = จำนวนที่มีชีวิตโดยเฉลี่ยระหว่างอายุ [x, x+n]

ตัวอย่าง 14

จากตารางชีพแบบย่อของเมือง A ในปี 2553

อายุ	n	$_nM_x$	$_Nq_x$	$_np_x$	ℓ_x	$_nd_x$	$_nL_x$	T_x	e_x
0	1	9.12160	0.00908	0.99092	100 000	908	99 364	7 821 184	78.21184
1-4	4	0.48752	0.00195	0.99805	99 092	193	395 982	7 721 820	77.92578
5-9	5	0.20030	0.00100	0.99900	98 899	99	494 247	7 325 838	74.07398
10-14	5	0.20454	0.00102	0.99898	98 800	101	493 747	6 831 591	69.1457
15+	Inf	15.57296	1	0	98 699	98 699	6 337 844	6 337 844	64.21386

จงคำนวณ ก) สัดส่วนการรอดชีพจากแรกเกิดถึงช่วงอายุ 10-14 ปี

ข) สัดส่วนของช่วงอายุ 1-4 ปีรอดชีพถึงอายุ 10 ปี

ค) สัดส่วนการรอดชีพจากอายุ 5-9 ปี ถึง 10-14 ปี