

CHƯƠNG 5: BÀI TOÁN TỒN TẠI

Môn học: Toán Rời rạc 1

Giảng viên: Nguyễn Kiều Linh

Email: linhnk@ptit.edu.vn

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Hà Nội, năm 2022

<http://www.ptit.edu.vn>



Nội dung chính

- 1 Giới thiệu bài toán tồn tại
- 2 Nguyên lý phản chứng
- 3 Nguyên lý Dirichlet

Giới thiệu bài toán tồn tại

- **Bài toán đếm:** Đếm tất cả các cấu hình tổ hợp thỏa mãn các ràng buộc của bài toán. Phương pháp giải mong muốn là xây dựng được công thức tính nghiệm của bài toán.
- **Bài toán liệt kê:** Xem xét tất cả các cấu hình tổ hợp thỏa mãn các ràng buộc của bài toán. Phương pháp giải thường đưa về một thuật toán vét cạn (ví dụ: thuật toán sinh, thuật toán quay lui,...).
- **Bài toán tối ưu:** Trong số các cấu hình tổ hợp thỏa mãn yêu cầu của bài toán, hãy lựa chọn nghiệm có giá trị sử dụng tốt nhất, hay còn gọi là tối ưu hàm mục tiêu.
- **Bài toán tồn tại:** Xét có hay không tồn tại các cấu hình tổ hợp thỏa mãn những tính chất cho trước. Lời giải của bài toán đơn thuần là chỉ ra một cấu hình tổ hợp thỏa mãn các tính chất cho trước hoặc chứng minh không tồn tại cấu hình tổ hợp nào thỏa mãn các tính chất đặt ra.

Giới thiệu bài toán tồn tại

Ví dụ 1 (Bài toán về 36 sĩ quan (Euler))

Cần triệu tập từ 6 trung đoàn, mỗi trung đoàn 6 sĩ quan có cấp bậc khác nhau thiếu úy, trung úy, thượng úy, đại úy, thiếu tá, trung tá về tham dự duyệt binh ở sư đoàn bộ. Hỏi có thể xếp 36 sĩ quan thành một đội ngũ hình vuông sao cho mỗi hàng ngang, mỗi hàng dọc đều có đại diện của cả 6 trung đoàn với 6 cấp bậc khác nhau được không?

Giới thiệu bài toán tồn tại

Ví dụ 1 (Bài toán về 36 sĩ quan (Euler))

Cần triệu tập từ 6 trung đoàn, mỗi trung đoàn 6 sĩ quan có cấp bậc khác nhau thiếu úy, trung úy, thượng úy, đại úy, thiếu tá, trung tá về tham dự duyệt binh ở sư đoàn bộ. Hỏi có thể xếp 36 sĩ quan thành một đội ngũ hình vuông sao cho mỗi hàng ngang, mỗi hàng dọc đều có đại diện của cả 6 trung đoàn với 6 cấp bậc khác nhau được không?

Giới thiệu bài toán tồn tại

Ab	Dd	Ba	Cc
Bc	Ca	Ad	Db
Cd	Bb	Dc	Aa
Da	Ac	Cb	Bd

- Euler đã tốn nhiều công sức nhưng không thành công và đưa ra giả thuyết bài toán không tồn tại nghiệm ($n = 6$). Giả thuyết này được Tarri chứng minh năm 1901 bằng cách duyệt toàn bộ.
- Căn cứ vào trường hợp $n = 2, n = 6$ không tồn tại nghiệm, Euler giả thuyết bài toán không tồn tại nghiệm $n = 4k + 2$. Năm 1960 Bloce và Parker chỉ ra một lời giải $n = 10$ và tổng quát hóa cho trường hợp $n = 4k + 2$ ($k > 1$).

Ví dụ 2 (Bài toán hình lục giác thần bí (Clifford Adams))

Trên 19 ô của hình lục giác, hãy điền các con số từ 1 đến 19 sao cho tổng theo các hướng của hình lục giác đều bằng nhau (38).

Ví dụ 2 (Bài toán hình lục giác thần bí (Clifford Adams))

Trên 19 ô của hình lục giác, hãy điền các con số từ 1 đến 19 sao cho tổng theo các hướng của hình lục giác đều bằng nhau (38).



- Sau 47 năm Adams đã tìm ra lời giải (1957), sau đó đánh mất bản thảo ông đã tốn thêm 5 năm để khôi phục lại (1962).
- Đây cũng là lời giải duy nhất!!!

Nội dung chính

- 1 Giới thiệu bài toán tồn tại
- 2 Nguyên lý phản chứng
- 3 Nguyên lý Dirichlet

Nguyên lý phản chứng

- **Tư tưởng:** Giả thiết điều cần chứng minh là sai, từ đó sử dụng lập luận dẫn tới mâu thuẫn.
- **Ví dụ 3:** Cho 7 đoạn thẳng có độ dài lớn hơn 10 và nhỏ hơn 100. Chứng minh rằng luôn tìm được 3 đoạn ghép thành một tam giác.

Gợi ý: Gọi độ dài các đoạn thẳng là a_1, a_2, \dots, a_7 (sắp theo thứ tự tăng dần). Giả sử không có 3 đoạn nào ghép thành một tam giác

$$a_1 + a_2 \leq a_3, \quad \text{Từ đó } a_1, a_2 > 10 \text{ dẫn tới } a_7 > 130$$

$$a_2 + a_3 \leq a_4, \quad \text{Mâu thuẫn với giả thiết là } a_7 < 100$$

$$a_3 + a_4 \leq a_5,$$

$$a_4 + a_5 \leq a_6,$$

$$a_5 + a_6 \leq a_7$$

Bài tập (PP phản chứng)

- **Bài tập 1:** Các đỉnh của một thập giác đều được đánh số bởi các số nguyên $0, 1, \dots, 9$ một cách tùy ý. Chứng minh rằng luôn tìm được ba đỉnh liên tiếp có tổng các số lớn hơn 13.
- **Bài tập 2:** Chứng minh rằng không thể nối 31 máy vi tính thành một mạng sao cho mỗi máy được nối với đúng 5 máy khác.

Nội dung chính

- 1 Giới thiệu bài toán tồn tại
- 2 Nguyên lý phản chứng
- 3 Nguyên lý Dirichlet

Nguyên lý Dirichlet

- **Ví dụ nhốt thỏ vào lồng:** Không thể nhốt 7 con thỏ vào 3 chiếc lồng sao cho mỗi chiếc lồng chứa không quá 2 con thỏ.
- **Nguyên lý Dirichlet:** Nếu đem xếp nhiều hơn n đối tượng vào n cái hộp, thì luôn tìm được một cái hộp chứa không ít hơn 2 đối tượng
- **Nguyên lý Dirichlet (tổng quát):** Nếu đem xếp n đối tượng vào k cái hộp, thì luôn tìm được một cái hộp chứa không ít hơn n/k đối tượng

Nguyên lý Dirichlet

Bài toán

Chứng minh rằng trong một nhóm 367 người bao giờ cũng tìm được 2 người có ngày sinh nhật giống nhau.

Giải.

- Số ngày trong năm là 365 hoặc 366 (năm nhuận). Vậy có tất cả 366 ngày sinh nhật khác nhau.
- Có 367 người và 366 ngày sinh nhật khác nhau, theo nguyên lý Dirichlet tồn tại 2 người cùng ngày sinh nhật.

Nguyên lý Dirichlet

Bài toán

Có 5 loại học bổng khác nhau. Hỏi phải có ít nhất bao nhiêu sinh viên để chắc chắn rằng có ít ra là 6 người cùng nhận một loại học bổng (giả thiết tất cả các sinh viên đều được nhận học bổng!!!)?

Giải.

- Gọi n là số sinh viên ít nhất để đảm bảo rằng có ít ra là 6 sinh viên nhận cùng một loại học bổng.
- Như vậy n là số nguyên nhỏ nhất thỏa mãn $\frac{n}{5} > 5$, hay $n > 25$. Vậy cần ít nhất $n = 25 + 1 = 26$ sinh viên.

Bài tập (Nguyên lý Dirichlet)

- **Bài tập 3:** Chứng minh rằng trong một phòng họp bao giờ cũng tìm được hai người có số người quen trong số những người dự họp là bằng nhau.
- **Bài tập 4:** Trong mặt phẳng cho 6 điểm được nối với nhau từng đôi một bởi các cung màu xanh hoặc đỏ. Chứng minh rằng luôn tìm được 3 điểm sao cho các cạnh nối giữa chúng có cùng một màu.
- **Bài tập 5:** Trong một tháng gồm 30 ngày một đội bóng chuyên thi đấu mỗi ngày ít nhất một trận, nhưng cả tháng chơi không quá 45 trận. Chứng minh rằng tìm được một giai đoạn gồm một số ngày liên tục nào đó trong tháng sao cho trong giai đoạn đó đội chơi đúng 14 trận.

Bài tập tổng hợp

Bài tập 6: Chứng minh rằng trong một đồ thị vô hướng, số đỉnh bậc lẻ phải là một số chẵn.

Bài tập 7: Một trung tâm máy tính có 151 máy vi tính được đánh số bởi các số nguyên trong khoảng từ 1 đến 300. Chứng minh rằng có 2 máy được đánh bởi 2 số nguyên liên tiếp.

Bài tập 8: 17 nhà bác học viết thư trao đổi với nhau về 3 chủ đề, mỗi cặp chỉ trao đổi với nhau về 1 chủ đề. Chứng minh rằng luôn tìm được 3 nhà bác học đôi một viết thư trao đổi với nhau về 1 chủ đề.

Bài tập 9: Chứng minh rằng trong $(n + 1)$ số nguyên dương, mỗi số không lớn hơn $2n$, bao giờ cũng tìm được 2 số sao cho số này chia hết cho số kia.

Bài tập 10: Một lớp gồm 45 học sinh nam và 35 học sinh nữ được xếp thành một hàng ngang. Chứng minh rằng trong hàng đó luôn tìm được hai học sinh nam mà giữa họ có đúng 8 người đứng xen vào.

Bài tập tổng hợp

Bài tập 11: Chứng minh rằng trong số 10 người bất kỳ bao giờ cũng tìm được hoặc là 2 người có tổng số tuổi là chia hết cho 16, hoặc là 2 người có hiệu số tuổi chia hết cho 16.

Bài tập 12: Trong không gian cho 9 điểm tọa độ nguyên. Chứng minh rằng tồn tại 2 điểm mà đoạn thẳng nối giữa chúng đi qua ít nhất một điểm tọa độ nguyên khác.

Bài tập 13: Cần ít nhất bao nhiêu bộ có thứ tự gồm 2 số nguyên (a, b) sao cho trong đó luôn chọn được hai bộ (c, d) và (e, f) thỏa mãn $c - e$ và $d - f$ là các số tận cùng bằng chữ số 0?

Bài tập 14: Đặt 13 con bọ ngựa lên một bàn cờ kích thước 5×5 sao cho mỗi ô có không quá một con và không có 2 con nào ở hai ô cạnh nhau. Một người cầm một chiếc bát gỗ, mỗi lần gõ bát thì các con bọ ngựa sẽ di chuyển sang ô bên cạnh (trên, dưới, trái, phải). Chứng minh rằng sau 2015 lần gõ bát sẽ tồn tại ít nhất một ô có nhiều hơn một con bọ ngựa.